



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS



TESIS

**“CONTROL DEL GORGOJO *Cosmopolites sordidus* G. Y
Metamasius hemipterus L. EN PLÁTANO CON HONGOS
ENTOMOPATÓGENOS *Beauveria bassiana* y
Metarhizium spp. EN SAN MARTÍN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

ROBERTO CARLOS RÍOS CHUQUISTA

TARAPOTO - PERÚ

2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL



TESIS

**“CONTROL DEL GORGOJO *Cosmopolites sordidus* G.
Y *Metamasius hemipterus* L. EN PLÁTANO CON
HONGOS ENTOMOPATÓGENOS *Beauveria bassiana* y
Metarhizium spp EN SAN MARTÍN”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

ROBERTO CARLOS RÍOS CHUQUISTA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AGRÓNOMO



Méd. Vet. M.sc. Carlos A. Nolte Campos

PRESIDENTE



Ing. Manuel Doria Bolaños

MIEMBRO



Ing. Eybis J. Flores García

MIEMBRO



Ing. Mg. Ag. Agustín Cerna Mendoza

ASESOR

DEDICATORIA

A mis amados y queridos padres:
CARLOS ENRIQUE y TUDELA, con
eterna gratitud, quienes con mucho
amor, cariño y tanto sacrificio
hicieron realidad mi más grande
anhelo y por su ejemplo de humildad
y honestidad.

A mis hermanos: MARCOS y
MILAGROS, con mucho cariño por la
amistad inquebrantable, ejemplos de
bondad y humildad que con sus
sacrificios me inspiraron para
terminar mi carrera.

En memoria a mi querido tío:
ROBERTO, con eterna gratitud,
quien con gran cariño y sabios
consejos de superación
contribuyeron en mi formación
profesional.

A todos mis familiares por sus
consejos que hicieron de mí una
persona con un gran anhelo de
superación.

AGRADECIMIENTO

- A mi alma máter, Universidad Nacional de San Martín, en especial a la plana Docente de la Facultad de Ciencias Agrarias, que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES, por el financiamiento y aporte del material didáctico utilizado en el presente trabajo de tesis.
- Al Ing. M.Sc. AGUSTÍN CERNA MENDOZA, quien tomó la responsabilidad de patrocinar la presente tesis.
- Al Ing. M.Sc. ENRIQUE ARÉVALO GARDINI, por su invaluable apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. M.Sc. LUIS ZUÑIGA CERNADES, co-asesor, por su orientación científica y confianza permanente durante la ejecución del presente trabajo.
- A la Tec. Srta. LUCINDA VELA VARGAS, por su valioso apoyo moral y colaboración desinteresada para la ejecución del presente trabajo.
- A todo el equipo técnico y científico que labora en el Instituto de Cultivos Tropicales, que hicieron posible la culminación del presente trabajo.
- Al Ing. ROLANDO REYES SALAZAR, por sus consejos y apoyo brindado en la redacción del presente trabajo.
- A los Ing. MANUEL OSCAR GRANDEZ BARDALES y JUAN CARLOS USHINAHUA ROJAS, por la amistad y apoyo desinteresado en la ejecución del proyecto.
- A los Bach. LUCAS CACHAY QUEVEDO y FREDY PINCHI PINCHI Por el apoyo y amistad constante durante la ejecución del presente trabajo.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	.01
II. OBJETIVOS.....	.03
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	.04
3.1 Características del cultivo de plátano.....	.04
3.2 Características del gorgojo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i> G.).....	.07
3.3 Características del gorgojo rayado (<i>Matamasius hemipterus</i> L.).....	.12
3.4 Características del hongo entomopatógeno (<i>B. bassiana</i>).....	.14
3.5 Características del hongo entomopatógeno (<i>M. anisopliae</i>).....	.19
3.6 Trabajos realizados con <i>B. bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i>21
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	.26
4.1 Ubicación del campo experimental.....	.26
4.2 Historia del campo experimental.....	.26
4.3 Tratamientos en estudio.....	.27
4.4 Diseño experimental.....	.28
4.5 Procedencia de los hongos entomopatógenos.....	.29
4.6 Características del campo experimental.....	.32
4.7 Metodología del experimento33
4.8 Parámetros registrados.....	.42
V. RESULTADOS.....	.44
5.1 Evaluaciones a nivel de campo.....	.44
5.1.1 Número acumulado de gorgojos negros y rayados.....	.44

5.1.2 Porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados.....	46
5.1.3 Tasa de captura.....	47
5.2 Evaluaciones a Nivel de Laboratorio.....	49
5.2.1 Tiempo Letal Medio.....	49
5.2.2 Porcentaje de Mortalidad y Esporulación.....	50
VI. DISCUSIONES.....	52
VII. CONCLUSIONES.....	61
VIII. RECOMENDACIONES.....	63
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
HOJA RESUMEN EN CASTELLANO	
HOJA RESUMEM EN INGLES	
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Descripción de los tratamientos en estudio para las evaluaciones iniciales en campo.....	27
2. Esquema del análisis de varianza del DBCA.....	28
3. Esquema del análisis de varianza del DCA.....	29
4. Resumen del análisis de variancia para el número acumulado de gorgojos totales, negros y rayados durante 15 evaluaciones.....	44
5. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados acumulados durante 15 evaluaciones.....	46
6. Resumen del análisis de variancia para la tasa de captura (b) del número de gorgojos totales, negros y rayados durante 15 evaluaciones.....	47
7. Resumen del análisis de variancia para el tiempo letal medio, porcentaje de gorgojos muertos y porcentaje de gorgojos esporulados.....	49
8. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y gorgojos rayados.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Número acumulado de gorgojos totales capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.....	44
2. Número acumulado de gorgojos negros capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.....	45
3. Número acumulado de gorgojos rayados capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.....	45
4. Porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.....	46
5. Curva de captura del número acumulado gorgojos totales capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).....	47
6. Curva de captura del número acumulado de gorgojos negros capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).....	48
7. Curva de captura del número acumulado de gorgojos rayados capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).....	48
8. Tiempo letal medio (días) de gorgojos totales por efecto de los tratamientos en estudio	49
9. Porcentaje de mortalidad de gorgojos totales por efecto de los en tratamientos en estudio	50

10. Porcentaje de esporulación de gorgojos totales por efecto de los tratamientos en estudio.....	50
11. Porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y rayados por efecto de los tratamientos en estudio.....	51

I. INTRODUCCIÓN

La producción del plátano en el país el 2005 alcanzó 1 697 248 Tm, en una superficie de 139 118 Ha. La producción prácticamente se ha duplicado respecto al registrado a inicios de los 90. Los departamentos de mayor producción son: Loreto (21%), San Martín (17%), Ucayali (14%), Piura (10%), Junín, Amazonas y Huánuco con 8% cada uno. El rendimiento promedio nacional es de 12,2 Tm x Ha (Oficina de Información Agraria - OIA, 2005).

El departamento de San Martín presenta 23 740 Ha de este cultivo con una producción de 289 639 Tm (OIA, 2005) predominando los híbridos AAB, con cultivares como el "inguirí" y "bellaco" que cumplen un importante papel en la alimentación de las poblaciones de selva y en segundo lugar triploides híbridos ABB (plátano sapino), el AAB (plátano manzano) y el autotriploide AAA (Plátano seda); estos dos últimos se consumen en fresco.

El plátano, es un cultivo que se caracteriza por ser una valiosa fuente alimenticia para el consumidor y un importante factor de seguridad alimentaria para el productor y su familia, especialmente en la selva, por su alto contenido de carbohidratos, fiero, fósforo y potasio, que superan holgadamente a las que tiene la piña, mango y papaya. Es considerado el cultivo de mayor importancia económica en el país, siendo el frutal de mayor área sembrada (1 697 248 Ha), comercializada y consumida, debido a su bajo costo. Además, genera ingresos permanentes para los agricultores. Se estima en 147 987 el número de familias que dependen directa e indirectamente de este cultivo a través, a la cadena productiva.

El daño más significativo es ocasionado por el "gorgojo negro" (*Cosmopolites sordidus* Germar), en la costa norte del país habitualmente se combate con productos químicos y algunas veces mediante prácticas culturales; pero los pesticidas son tóxicos y ninguno controla en forma total, incrementando la resistencia de la plaga a los productos químicos, necesiéndose cada vez aplicaciones más concentradas, elevando los costos de producción; de ahí que el control biológico mediante hongos entomopatógeno, se presenta como una alternativa para el control de esta plaga propiciando un equilibrio en el medio ambiente.

En el Perú, desde que se reportó la presencia del entomopatógeno *Beauveria* spp. por Alcalá y Alcazar (1976), se han iniciado muchos trabajos de investigación utilizando a éste como controlador biológico del "Gorgojo de los Andes" (*Premnotypes* spp.) en el cultivo de papa, mientras que en el Alto Huallaga se ha encontrado parasitando a "broca del café" (*Hypothenemus hampei* Fer.).

En este sentido, los intentos de controlar plagas utilizando entomopatógenos, se ha incrementado enormemente, sobre todo en las últimas décadas; por lo que se plantea la hipótesis de que los hongos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp ejerce efecto entomopatógeno sobre "gorgojo del plátano" (*Cosmopolites sordidus* G. y *Metamasius hemipterus* L.)

II. OBJETIVOS

- 2.1 Determinar el efecto de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp, en el control de la población del gorgojo en plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar y *Metamasius hemipterus*).
- 2.2 Determinar el tiempo letal medio de los tratamientos en estudio.

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO DE PLÁTANO

a). Taxonomía

Simmomnds (1973), da la siguiente clasificación del plátano.

Reino	:	Vegetal
División	:	Angiosperma
Clase	:	Monocotiledónea
Orden	:	Escitameneae
Familia	:	Musácea
Género	:	<i>Musa</i>
Especie	:	<i>acuminata</i> (plátano) <i>balbisiana</i> (banano)

b). Características morfológicas del plátano

Galan (2003), menciona que la planta de plátano es una herbácea perenne gigante, con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3,5 – 7,5 m. de altura, terminado en una corona de hojas. Las raíces principales, que como las restantes partes de la planta, emergen de la superficie externa del cilindro central, son gruesas y carnosas y se ramifican lateralmente en raíces de cabellera que poseen pelos radiculares y son sin duda, las responsables de la absorción de agua y nutrientes por la planta. Las hojas son muy grandes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta medio metro de ancho,

ligeramente decurrente hacia el pecíolo, un poco ondulado y glabro; de la corona de hojas, sale durante la floración un escapo pubescente de 5-6 cm. El tallo de la planta es un órgano subterráneo que solo sobresale del suelo en la época de floración, se trata de un importante órgano de donde emergen las raíces, las hojas, las flores y los retoños (hijos), que continuaran la vida de la planta. Las flores son amarillentas, irregulares y cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada "mano", que contiene de 3 a 20 frutos. El fruto es oblongo; durante su desarrollo se doblan geotrópicamente, según su peso, lo cual hace que el pedúnculo se doble.

c). Evolución de las variedades comestibles

Simmonds y Shepherd (1998), encontraron que los cultivos diploides corresponden a dos grupos definidos, los cultivares triploides (AAA) y los cultivares tetraploides o híbridos (AAAA). Ninguno de esos fue genotípicamente puro de estos grupos, la evolución de los musaceas comestibles bananos y plátanos podrían inferirse en un número de estados los cuales pudieron tener lugar repetidamente en diferentes áreas. Resumiendo es conveniente designar como A al juego haploide de cromosomas aploides o genomas de *mussa acuminata* y como B al juego haploide o genoma de *mussa balbissiana*. Como un punto de partida, es evidentemente que la partenocarpia o capacidad para producir frutos con pulpa con ausencia de semillas, ha ocurrido mutaciones solamente en *mussa acuminata*.

Los primeros cultivares fueron del grupo diploide AA, los cuales son numerosas en Asia y tienen gran importancia como germoplasma para programas de mejoramiento genético. Los primeros cultivares AA también se hibridan con *mussa balbissiana*, originándose cultivares diploides del grupo AB.

d). Condiciones edafoclimáticas del cultivo

Manual para Educación Agropecuaria (1997), indica que es un cultivo que se desarrolla óptimamente desde el nivel del mar hasta los 1700 m de altura, dependiendo de la variedad. Temperatura promedio de 26°C es adecuada, pero pueden desarrollarse bien a temperaturas de 20 a 28°C. La precipitación requerida fluctúa de 1800 a 2800 mm, bien distribuidos durante el año. Asimismo se indica, que teniendo en cuenta que del 80 al 90% de las raíces están en los primeros 20 a 30 cm del suelo, es importante que esta capa no sea compacta, pues de lo contrario, los rizomas crecerán superficialmente. El nivel freático, por esta misma razón debe estar a mas de 1,50 m de profundidad. Aunque el plátano tolera condiciones ligeramente ácidas o alcalinas, se recomienda cultivarlos en suelos con un pH entre 6,0 y 7,0.

3.2 CARACTERÍSTICAS DEL GORGOJO NEGRO (*Cosmopolites sordidus* Germar)

a). Origen y distribución

Belalcázar (1991), menciona que el gorgojo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar, es nativo del Sudeste Asiático, teniendo como punto de origen probablemente la región del Malaya - Java - Borneo; su distribución es en todas las regiones de producción de plátanos y bananos, islas del Océano Índico y Sudpacífico (Oceanía), Australia, India, África del Norte y América Central, en las islas de las Antillas y en América del Sur; tratándose así de un insecto cosmopolita.

b). Taxonomía

Viera (1969), menciona que por estudios realizados por Costa Lima clasifica a este insecto como:

Clase	:	Insecta
Sub - clase	:	Pterygota
Orden	:	Coleoptera
Sub - orden	:	Polyphaga
Super - familia	:	Curculionoidea
Familia	:	Curculionidae
Tribu	:	Calandriini
Género	:	<i>Cosmopolites</i>
Especie	:	<i>sordidus</i>

c). Descripción del insecto

Ayala y Monzon (1977), describen que en el estado adulto, *Cosmopolites sordidus* es un coleóptero que mide de 1,5 a 2,0 cm de longitud; con su aparato bucal largo y curvo; la coloración varía de café oscuro en los recién nacidos a negro cuando están desarrollados.

Pefía *et al.* (1991), reportan que generalmente viven en la parte basal de las plantas y debajo o dentro de los residuos de cosecha, en donde las condiciones de humedad y luz son favorables para su desarrollo; son de hábitos nocturnos, permaneciendo escondidos durante el día y desarrollando su mayor actividad durante la noche, por lo que es difícil detectarlo oportunamente y su presencia puede pasar desapercibida hasta cuando los perjuicios ocasionados a la plantación ya son económicamente significativos. En este estadio pueden durar más de un año. Si bien el insecto dispone de alas funcionales, muy rara vez vuela, por lo que el mayor medio de dispersión de la plaga es a través de material de propagación infestado.

Belaicazar (1991), indica que la hembra es más grande que el macho, deposita sus huevos en heridas, agujeros de los cormos, seudo tallo y en los residuos de cosecha. Los huevos son pequeños, de 3 mm. de largo por 1 mm de ancho, lisos, de color blanco cremoso; las larvas de color blanco cremoso, ligeramente translúcidas y cuerpo segmentado, cabeza de color marrón y mandíbulas negras. Cuando están completamente desarrolladas

presentan mayor abultamiento en el tercio posterior de su cuerpo. El estado larval es el causante del daño en las plantaciones, ya que se alimenta y desarrolla dentro del corno de la planta, ocasionando galerías que obstruyen el paso del agua y nutrientes, razón por la cual disminuye notablemente el crecimiento y la producción de las plantas infestadas.

Peña *et al.* (1991), indica que las galerías formadas dentro del corno presentan diámetros diferentes, correspondiendo al tamaño de la larva. Las galerías interrumpen la conexión entre las raíces y el tallo, favoreciendo además el volcamiento de la planta y son la puerta de entrada para otras plagas como *Castniomera humboldti* y de patógenos causantes de enfermedades como el "moko del plátano" causado por *Pseudomonas solanacearum*, y el "mal de panamá" causado por *Fusarium oxisporum* f. sp. cubense, que al establecerse ocasionan daños en el corno, pérdida de plantas o en casos extremos pérdida total de la plantación.

Belalcázar (1991), reporta que luego del estado larval se transforma en pupa envolviéndose en un capullo grueso de fibras de la planta hospedante, manteniéndose inmóvil, sin cambiar de color y sin producir daños; después abandona el capullo convirtiéndose en insecto adulto. Esta plaga puede atacar cualquier nivel de desarrollo de la planta, donde el cogollo central de las plantas tiernas se seca, deteniendo el proceso de crecimiento, al mismo tiempo se produce el marchitamiento y muerte de la planta en corto tiempo. Para

desarrollar una estrategia de control eficiente de una determinada plaga es indispensable conocer en forma integral la biología y hábitos del insecto; en este caso el gorgojo negro del plátano presenta cuatro estadios de desarrollo:

Huevo:

Cárdenas (1983), indica que los huevos de este insecto son blancos, de forma cilíndrica y su tamaño es de aproximadamente de 1,8 x 0.7 mm; su periodo de incubación es de 3 -12 días.

Larva:

Montellano (1954), hace mención que la larva es blanca, apoda y ovalada con la parte abdominal ensanchada, cabeza amarillenta y mandíbulas fuertes, el ciclo de vida de la larva varía entre 10 y 165 días, con un promedio de 70 días para América Central.

Pupa:

Lara (1970), sostiene que la pupa joven es blanca y presenta todas las características externas del adulto, este estado dura de 4 a 22 días. Al emerger el adulto presenta una coloración rojiza que se forma pardo oscuro o negro, su tamaño varía pero se estima que es de 11 – 14 mm de largo y 4 mm de ancho en la base de los élitros.

Adulto:

Trejo (1971), este autor afirma que el gorgojo negro es de hábitos nocturnos y de movimientos lentos, rehuye a la luz y es muy sensible a los cambios de temperatura, siendo inactivo a temperaturas menores de 18°C y mayores de 40°C; el gorgojo es favorecido por

la humedad, se inmoviliza a estímulos externos. Los adultos viven aproximadamente un año pasando por 2 ó 3 generaciones al año. El ciclo biológico de huevo a adulto, varía entre 28 – 180 días.

d). Importancia económica del insecto

Ayala y Monzón (1977), indican que el picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar es el principal insecto que afecta el cono de las musáceas. Esta plaga parece haber conquistado todas las regiones plataneras del mundo, principalmente a través de la semilla infestada, ocasionando reducción en los rendimientos por disminución del tamaño y calidad de racimos, así como acortamiento de la vida útil de las plantaciones por la mala calidad de la brotación de yemas.

Belaícazar (1991), menciona que en las plantas jóvenes, el gorgojo estanca el desarrollo del penacho terminal, el tallo crece en forma alargada, las hojas se toman amarillentas y se marchitan, la planta afectada envejece en forma acelerada y logra poca fructificación. En las plantas adultas ocasiona la muerte de las raíces, hecho que, a su vez, provoca el debilitamiento de éstas, que caen con facilidad a causa de vientos o lluvias. Las plantas afectadas por el gorgojo negro producen frutos pequeños y escasos.

3.3 CARACTERÍSTICAS DEL GORGOJO RAYADO (*Methamasius*

hemipterus Linnaeus)

Belalcázar (1991), menciona que el picudo rayado (*Methamasius hemipterus*) es una plaga secundaria, cuya presencia en el cultivo del plátano esta relacionada con plantaciones en mal estado, con desbalances nutricionales especialmente con deficiencias de potasio, se les encuentra también en plantas donde existan heridas, fermentos o pudriciones de la misma manera están favorecidos por la presencia de residuos de cosecha. Por su incapacidad de causar por si mismo heridas en tallos sanos y fuertes que permitan su entrada siempre están asociados con algún disturbio, preferencialmente con otros barrenadores luego ocasiona daños similares construyendo galerías en el seudotallo.

Figueroa (1992), menciona que entre las especies que afectan al cultivo de plátano tenemos al *Methamasius hemipterus*, el cual en estado adulto es de color amarillo oscuro, con líneas y manchas marrón en el tórax y élitro. La larva de este gorgojo se asemeja a las del gorgojo negro en su aspecto externo, tamaño, forma. Color, hábitos y daños que ocasionan; viven en el interior del como y seudotallo, donde hacen galerías destruyendo estructuras y dificultan normal circulación ascendente y descendente de sustancias dentro de la planta, hecho que reduce la producción y puede causar la muerte de estas.

Doria (2006), clasifica a este insecto dentro de la siguiente descripción taxonómica:

Reino	:	Animalia
Sub reino	:	Ecdysozoa
Phylum	:	Arthropoda
Sub phylum	:	Mandibulata
Super clase	:	Hexapoda
Clase	:	Insecta
Sub - clase	:	Pterygota
Super orden	:	Endopterigota
Orden	:	Coleoptera
Sub - orden	:	Polyphaga
Super – familia	:	Curculionoidea
Familia	:	Curculionidae
Tribu	:	Calandrini
Género	:	<i>Metamasius</i>
Especie	:	<i>hemipterus</i>

a). **Descripción del insecto**

Sarmiento *et al* (1995), menciona lo siguiente:

Adulto.- El cuerpo es ovalado de 1,5 a 2,0 cm. de longitud, los machos son mas pequeños que las hembras, la cabeza presenta una proboscis o trompa ligeramente curvada y antenas geniculadas.

Huevos.- Son ligeramente alargados, de color blanco cremoso y de 2 a 2.5 mm de longitud.

Larvas.-Presentan un color blanco cremoso en los primeros estadios, tornándose de un color mas amarillento cuando están próximas ha empupar y miden de 15 a 18 mm de longitud. La cabeza es de color marrón fuertemente quitinizada y armada de fuertes mandíbulas.

Pupa.- Tipo exarate o libre, recién formadas son blancos cremosos mas tarde se nota la aparición de los ojos y la trompa que toman un color marrón amarillento y miden de 15 a 20 mm de longitud.

b). Hábitos

Los adultos son sumamente activos al caminar y volar durante el día permanecen escondidos entre las hojarascas, al pie de los tallos la alimentación, copula, oviposición la realizan preferente mente durante la noche.

c). Duración del ciclo de desarrollo

La duración del ciclo es el siguiente: Periodo de incubación entre 7 a 10 días; periodo larval entre 56 a 93 días; período pupal entre 22 a 24 días, y en total un período completo entre 85 a 127 días.

3.4 CARACTERÍSTICAS DEL ENTOMOPATÓGENO *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill

a). Distribución geográfica

Commonweelth Mycological Institute – CMI (1979), menciona que el hongo *Beauveria bassiana* se encuentra distribuido por todo el mundo, de forma saprofítica y parásita atacando mayormente a insectos del orden Coleóptera y Lepidóptera.

b). Taxonomía

Alexopoulos (1985), menciona que este hongo se encuentra clasificado como:

Reino	:	Mycetae (Fungi)
Sub Reino	:	Eucariota
División	:	Deuteromicota
Clase forma	:	Deuteromycete
Orden forma	:	Moniliales
Familia	:	Moniliaceae
Género	:	<i>Beauveria</i>
Especie	:	<i>bassiana</i>

c). Descripción

Commonwealth Mycological Institute (1979), describe que *B. bassiana* difiere de *B. brongniartii* por las células conidiógenas en forma de racimo, donde la conidia es globosa.

Barnett y Hunter (1988), indica que entre *Beauveria bassiana* y *B. brongniartii*, siendo la primera la más conocida y estudiada, está presente en la mayoría de los suelos del mundo; las colonias crecen en agar-papa-dextrosa o agar-malta a 14 días a 23°C, cuya forma es aterciopelada o polvorienta. Los conidióforos son abundantes, desarrollándose de hifas vegetativa; las conidias son hialinas, aplanadas, globosas y ampliamente elipsoidales.

d). Acción entomopatogénica del hongo

Gamarra (1993), menciona que la acción entomopatogénica del hongo comprende dos fases: una patogénica y otra saprofítica. La fase patogénica o infectiva ocurre cuando las conidias entran en contacto con el tejido vivo del hospedero y en condiciones de humedad adecuada (85%) las conidias germinan y penetran a través de la cutícula del insecto o por los apéndices bucales y se desarrolla el micelio en el cuerpo del insecto. La cutícula del insecto está constituida por proteína, quitina y lípidos, sustancias orgánicas muy resistentes, que son desnaturalizadas por enzimas producidas por el hongo.

Torres (1993), menciona que una vez que el hongo se desarrolla en el punto de infección, produce toxinas que se difunden en el celoma, a través de la hemolinfa y causa la muerte. Después de causada la muerte, se inicia la fase saprofítica, donde el hongo se desarrolla profusamente sobre el cadáver, en condiciones de humedad apropiadas, produciéndose gran cantidad de conidias, que son los propágulos para iniciar una nueva infección.

Lutzeyer (1994), indica que *B. bassiana* ataca a más de 60 especies de insectos en todo el mundo. En Colombia se ha descubierto hasta el momento en 30 huéspedes, fundamentalmente en lepidópteros y coleópteros. Su importancia es elevada en agroecosistemas que muestran una gran variedad de estas familias de insectos, por ejemplo en plantaciones colombianas de pijuayo (*Elaeis guineensis*),

donde ha sido descubierto en nueve huéspedes de diferentes géneros de insectos. También sirven de huéspedes el barrenillo de las ramas del café (*Xylosandrus morigerus*) y distintas especies de hormigas.

Castellanos (1997), menciona que la patogenicidad del hongo sobre los insectos depende de una compleja relación entre la habilidad del hongo para penetrar la cutícula y la fortaleza del sistema inmunológico del insecto para prevenir el desarrollo del hongo. Esta relación se debe a factores muy concretos incluidos las diferencias cuticulares, la penetración cuticular y las reacciones inmunes; donde el desarrollo del hongo sobre el insecto puede ser influenciado por la eficacia de los hemocitos en encapsular y melanizar el patógeno.

e). Usos de *Beauveria bassiana*

Gamarra (1993), hace mención que Bassi en 1835, inicialmente determinó que la muerte del gusano de seda era causado por un hongo; Bálamo (1836), le puso el nombre de *Botrytis bassiana* K. En 1912, el hongo fue transferido al género *Beauveria*. En la actualidad, la especie esta reconocida como *Beauveria bassiana* (Bálamo) Vuillemi.

Sirjusingh *et al.* (1992), hace mención que en Martinico se logro una mortalidad mas alta con razas de *B. bassiana* locales aisladas de *Cosmopolites sordidus*, que con razas exóticas aisladas de *Leptinotarsa decemlineata*.

Commonweelth Mycological Institute - CMI (1979), menciona que *Brongniart* en 1891, colectó un hongo que parasitaba langostas migratorias, lo describió y no le puso nombre. Sacardo en 1892, lo nombró *Botrytis brongniartii* y Pech, en 1926, lo transfirió al género *Beauveria*. En la actualidad, la especie esta reconocida como *Beauveria brongniartii*.

Centro de Investigación del Café - CENICAFE (1993), reporta que en Colombia, se produce masivamente el hongo *B. bassiana* para el control de la broca del café (*Hypothenemus hampei*), a partir de un cultivo multiespórico mediante pases sucesivos en arroz, utilizado como sustrato. En este medio artificial se ha registrado pérdida de la patogenicidad del hongo luego de cultivarse por tres o más generaciones, por lo cual, se recomienda reactivar la patogenicidad mediante pases o procesos de reinfección en el insecto.

Wainwright (1995), indica que *Beauveria bassiana* es uno de los entomopatógenos más estudiados. En China se produce en comunas para el control del perforador europeo del maíz (*Ostrinia nubillalis* Hubner), saltamontes verde (*Turpilla opaca* Brunn.) y la oruga de los pinos (*Lymanthria dispar* L.). En la Unión Soviética se produce con el nombre de Boverin como agente biológico de control de la polilla del manzano (*Cydia pomonella* L.).

3.5 CARACTERÍSTICAS DEL ENTOMOPATÓGENO *Metarhizium anisopliae*

(Sorok)

a). Taxonomía

Alves *et al.* (1996), describe a este hongo de la siguiente manera:

Reino	:	Mycetae (Fungi)
Sub Reino	:	Eucariota
División	:	Deuteromycota
Sub División	:	Deuteromycotina
Clase	:	Hyphomicetos
Sub Clase	:	Hyphomicetidae
Orden	:	Moniliales
Familia	:	Moniliceae
Genero	:	<i>Metarhizium</i>
Especie	:	<i>anisopliae</i> (Sorok)

b). Características generales

Estrada (1991), indica que *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) es un hongo entomopatógeno ampliamente utilizado en la lucha biológica contra los insectos plagas (Allard *et al.*, 1990). En Cuba, se utiliza este hongo de forma experimental en el control de plagas de diferentes cultivos como caña de azúcar y maíz, especialmente el control de las poblaciones larvales de insectos de la Elateridae, Orden Coleoptera.

Alves *et al.* (1996), sostiene que este genero es patógeno de más de 200 especies de 7 órdenes, a través de la producción de la

muscardina verde y se caracteriza por la formación de varios conidios sobre el esterigma. En ésta especie ocurre con frecuencia heterokariosis, dando como resultado muchas diferencias en cuanto a la virulencia de las variedades; produciendo quitinasa, lipasa y proteasa para la penetración de la cutícula y vía bucal; originando la muerte de los insectos debido a la pérdida de los nutrientes y por la acción de las toxinas **Destruxinas A** y **Destruxinas B**, las cuales son peptídicos cíclicos.

c). Acción entomopatógena

France *et al.* (2000) menciona que la efectividad de *Metarhizium* en el control de gorgojos del Orden Coleoptera se ha estudiado en Alemania, Francia, Inglaterra y Estados Unidos, llegando con algunos aislamientos a obtener casi un 100% de mortalidad de larvas en ensayos de laboratorio (Propawski *et al.*, 1985). En ensayos realizados en Inglaterra, tanto en invernadero como al aire libre, la mortalidad de larvas ha sido levemente inferior a la observada en laboratorio, indicando el potencial de *Metarhizium* como agente biocontrolador (MOORHOUSE *et al.*, 1993). Asimismo, muestreos en suelos de las zonas Sur y Centro Sur de Chile han permitido encontrar con relativa frecuencia hongos entomopatógenos, entre los cuales se encuentra *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*.

Domsch *et al.*, 1993 indican que *M. anisopliae* tiene un alto grado de especialización que ocurre casi enteramente en dos familias de

coleópteros, *Elateridae* y *Curculionidae*. Sin embargo, se ha informado el parasitismo de *M. anisopliae* var *anisopliae* también sobre otras especies, especialmente de los órdenes ortóptera, hemiptera, coleóptera (*Scarabaeidae* y *Curculionidae*) y dermáptera (ZIMMERMANN, 1993). También ha sido detectado en especies de coleópteros predadores como escarabeidos y estafilínidos (Steinmberg *et al.*, 1995).

Bautista *et al.* (2003), afirma que el uso del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* presentó una efectividad mayor al 96% en campo para el control de la mosca pinta en caña de azúcar, a una concentración de 2.3×10^5 conidios/cm², resulta una alternativa potencial para los productores cañeros de la región, ya que no contamina el ambiente y contribuye a la inocuidad química de los alimentos.

3.6 TRABAJOS REALIZADOS CON *Beuveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*

Batista, *et al.* (1987), reporta que en Brasil se han logrado resultados exitosos (85 y 95% de mortalidad) usando *B. bassiana* y *M. anisopliae* preparados sobre arroz o frijol, a una concentración de 5×10^8 y $3,2 \times 10^7$ conidios/gr de sustrato, permitiendo que los insectos caminaran sobre el cultivo del hongo o mediante trozos de pseudo tallo tratados directamente, para que los picudos se infectaran durante la colonización.

Castiñeiras, *et al.* (1990), comenta que actualmente estos son los agentes de control biológico mas promisorios para el control de larvas y adultos de *Cosmopolites sordidus*. En Cuba se ha alcanzado una mortalidad de 61% y 85% con una concentración de 10^5 conidios/cm² de razas locales de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Jimenez (1990), menciona que en cuba en condiciones de laboratorio se determinó que para *B. bassiana*, el tiempo letal medio (TL-50) fue de 16,98 días, resultando la dosis más efectiva de $5,5 \times 10^5$ conidios / cm². *M. anisopliae* fue más efectivo con una CL-50 de $7,2 \times 10^6$ conidios / ml, el TL-50 de 10,23 días.

Vademecum Remer (2007), define Tiempo de letalidad medio (TL₅₀) como el valor del intervalo de tiempo, calculando estadísticamente, durante el cual se espera que muera el 50 % de una población dada, tras la administración aguda de un agente químico o físico, a una determinada concentración y bajo un conjunto de condiciones definidas.

Lutzeyer (1994), indica que los resultados provisionales de BUSTILLO *et al.* (1991), dejan prever la fuerte dependencia del éxito del control con *B. bassiana* de la formulación, de las fracciones aplicadas del patógeno (cuerpos hifales, blastosporas, conidias sumergidas o superficiales), del número de aplicaciones y de la concentración del sustrato; alcanzándose índices de infección medios de hasta 69% (tras 119 días con seis aplicaciones). Una retrospectiva sobre resultados existentes de la lucha contra coleópteros con *B. bassiana* muestra los mayores éxitos de lucha

en zonas húmedas, lo que coincide con los requisitos climáticos del patógeno.

Carballo (1996), sustenta la evaluación sobre la mortalidad de *Cosmopolites sordidus* por efecto de diferentes concentraciones de *B. bassiana*, considerando al uso de trampas como un mecanismo eficaz para la aplicación del entomopatógeno *B. bassiana* en condiciones de campo, obteniendo mayor mortalidad (63%) del picudo cuando se utilizan trampas tipo disco de sepa con una formulación de $5,8 \times 10^{10}$ conidios por trampa en sustrato de arroz (21 g de arroz con el hongo por trampa). Otra posibilidad para la dispersión del hongo en plantaciones de banano y plátano es mediante el uso de *Metamasius hemipterus*, el cual es mas susceptible al hongo y posee mayor capacidad de desplazamiento que el picudo negro. La trampa tipo disco de cepa ha mostrado mayor capacidad de atracción de adultos de picudo negro que la trampa longitudinal, siendo la captura consistente mayor en el tiempo. La eficacia de las trampas como dispositivo para la aplicación de *B. bassiana* varia, el día de la aplicación se logra mayor mortalidad del picudo usando una formulación solida en arroz conteniendo $2,75 \times 10^9$ conidios/ g de arroz, aplicando 20 granos por trampa. Mientras que a los ocho días después de la aplicación la mortalidad es mayor utilizando una emulsión a una concentración de 5×10^8 conidios/ ml en agua + 15% de aceite y Twen 20 aplicado en aspersión, usando 10 ml de solución por trampa. Es importante considerar que el momento de la aplicación, el hongo en emulsión hace mayor contacto con el insecto con respecto al sustrato de arroz, debido al efecto del aceite el cual funciona como adherente y al efecto del agua contenida

en la formulación, que favorece al hongo en el proceso de germinación; mientras que en la formulación seca la germinación depende de las condiciones de humedad del ambiente. No obstante, aunque el aceite mejora el contacto con el insecto y por ende su eficacia, este se va reduciendo con el tiempo por la pérdida de viabilidad además las esporas que permanecen en las trampas no pueden crecer y multiplicarse por la ausencia de sustrato para crecer. Cuando el hongo se aplica en arroz, los insectos tienen que caminar sobre el hongo para que este tenga efecto y esto ocurre después de algunos días, por lo tanto la efectividad es mayor a los 8 días después de aplicado. En la formulación con arroz el hongo mantiene su periodo de esporulación por un periodo aproximado de 15 días, lo que le hace mas persistente en el campo y favorece también la dispersión del hongo, como ocurre con insectos muertos y esporulados, los cuales constituyen una fuente de inóculo. Recomienda colocar en la base de las plantas 50 trampas/ Ha, cada una de las cuales de 1 Kg de hongo/10 L de agua, sustituir las trampas cada 15 días y el tratamiento debe continuar hasta que se capturemos de cinco insectos por trampa.

Arévalo, *et al.* (1998), reportan que estudios realizados en Perú con *B. bassiana* en el control del gorgojo negro y rayado del plátano, manifiesta que existen diferentes razas patogénicas de *B. bassiana*, al encontrar diferencias en la tasa de mortandad en ambos tipos de gorgojo; resultando un mayor control para el gorgojo rayado con porcentajes que varían de 64,3 a 85,4%, y en menor para el gorgojo negro con 28,7-51,7%.

Coaguila (2001), reporta que en Tingo María, al evaluar el efecto de dos cepas de *Beauveria bassiana* en el control de gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y gorgojo rayado (*Metamasius hemipterus* Seriseus) del cultivo de plátano con dos niveles de aplicación, se encontraron mejores efectos de control al realizar trampeo combinado a los 15 y 30 días con las cepas Marona y Cadena 1, con 44,1 y 38,6% respectivamente para *M. hemipterus* y 37,0 y 33,1% para *C. sordidus*. Además se obtuvo reducción de daño por larvas de *C. sordidus* mediante trampeo con la cepa Marona, donde los demás tratamientos aplicados cada 15 días mantuvieron un nivel bajo con respecto al tratamiento testigo constituido solamente por labores culturales.

Gold y Messiaen (2000), reportan que el uso de hongos entomopatógenos (Por ejemplo *B. bassiana* y *Metarhizium anisopliae*) para el control de picudo negro en banano, ha sido estudiado desde los años 70, numerosas cepas han sido criadas con respecto a su actividad contra los picudos y muchas de ella producen una mortalidad de mas del 90%, sin embargo pocos datos están disponibles sobre el desempeño de las cepas candidatas de los entomopatógenos bajo condiciones de campo, por lo tanto el desarrollo de los sistemas de entrega en el campo, eficaces y rentables es probablemente el mas critica de investigación en el presente.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 UBICACIÓN DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El presente trabajo de investigación se realizó en una plantación de plátano variedad "Inguiri" de 3 años de edad, de propiedad del Sr. Tomás Sánchez Lozano, ubicado aproximadamente a 10 Km por el sector norte de la ciudad de Tarapoto por la carretera Fernando Belaunde Terri

Ubicación Geográfica:

- Latitud Sur : 06° 30' 07"
- Longitud oeste : 76° 20' 09"
- Altitud : 360 m.s.n.m

Ubicación Política

- Distrito : Cacatachi
- Provincia : San Martín
- Departamento : San Martín

4.2 HISTORIA DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Los antecedentes del terreno experimental se indican a continuación:

- 1956 : Bosque primario.
- 1960 : Cultivo de plátano, algodón, maíz, maní, arroz en seco.
- 1970 : Cultivo de tabaco y plátano.
- 1980 : Cultivo de plátano y pasto para ganado.
- 1990 : Cultivo de arroz bajo riego, cultivo de tomate y cultivo de plátano.

2000 : Cultivo de arroz bajo riego, cultivo de tomate y maíz.

2002 : Cultivo de plátano hasta la actualidad.

4.3 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

En el Cuadro 1, se muestra la descripción de los tratamientos en estudio aplicados a las unidades experimentales durante la fase de campo.

4.3.1 Para la aplicación y recolección de gorgojos capturados en una plantación de plátano

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en estudio para las evaluaciones iniciales de campo.

Clave	Descripción
T ₀	Trampas tipo sándwich (Testigo)
T ₁	Trampas tipo sándwich con <i>B. bassiana</i> en sustrato de arroz (20 g/trampa).
T ₂	Trampas tipo sándwich con <i>M. anisopliae</i> en sustrato de arroz (20 g/trampa).
T ₃	Trampas tipo sándwich con <i>B. bassiana</i> en sustrato de arroz (10 g/trampa) + <i>M. anisopliae</i> en sustrato de arroz (10 g/trampa).
T ₄	Trampas tipo sándwich con <i>B. bassiana</i> comercial (1 g/trampa).

4.3.2 Evaluaciones a nivel de laboratorio de gorgojos recolectados en la parcela experimental.

Con la finalidad de continuar con el experimento, se recolectaron gorgojos vivos, negros y rayados, capturados en las trampas de los tratamientos aplicados; para su posterior evaluación en el laboratorio.

4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis de los resultados se utilizó dos diseños experimentales, para las evaluaciones de campo se utilizó el Diseño de bloque Completamente al Azar, con 3 bloques, 5 tratamientos, 3 repeticiones y para las evaluaciones de laboratorio se utilizó el Diseño Completamente al Azar, se hizo uso de la prueba de significación de Duncan ($P=0.05$) para ambos diseños.

➤ DBCA $Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_j$

➤ DCA $Y_{ij} = U + T_i + E_j$

4.4.1 Esquema del análisis estadístico

- El análisis de varianza correspondiente a las evaluaciones de campo, muestra las características siguientes.

Cuadro 2. Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grado de libertad
Bloques	02
Tratamientos	04
Error experimental	08
Total:	14

- El análisis de varianza correspondiente a las evaluaciones de laboratorio, muestra las características siguientes.

Cuadro 3. Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Grado de libertad
Tratamientos	04
Error experimental	10
Total:	14

4.5 PROCEDENCIA DE LOS ENTOMOPATÓGENOS

El hongo *Beauveria bassiana* proviene de broca del cafeto colectadas en Pasarraya - Saposoa, *Metarhizium* spp. Proviene del suelo colectado en Juan Guerra – San Martín, ambas cepas fueron reactivadas sobre gorgojos negros y rayados colectados en una plantación de plátano en el distrito de Cacatachi – San Martín donde se realizó el experimento, en un número de 20 de cada especie, los cuales fueron capturados con trampas tipo sándwich.

Reactivación de la virulencia de los entomopatógenos:

Para la reactivación de la virulencia de los entomopatógenos los gorgojos colectados, estos fueron desinfectados por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 0,5% durante 10 minutos y tres enjuagues con agua destilada estéril luego estos fueron colocados en cajas plásticas desinfectadas con alcohol de 96°, junto con trozos de rizoma de plátano para su alimentación.

Las cepas de *B. bassiana* y *Metarhizium* spp fueron sembradas inicialmente en placas petri de 7 cm. de diámetro con medio papa dextrosa agar (PDA) e incubadas a 25 °C por un tiempo de 6 días , de las placas cubiertas por el hongo, se sacaron con un sacabocado (0,5 mm. de diámetro) 30 rodajas las cuales se sembraron en 250 g de sustrato de arroz previamente esterilizado (121°C, 15 libras de presión por 15 minutos) y se incubó por 15 días, para obtener la suspensión de conidias que sirvieron en las inoculaciones. Usando un hemacitómetro se cuantificó el número de conidias por gramo de sustrato de arroz y se determino las concentraciones del hongo. La suspensión para las inoculaciones se llevaron a una concentración de 10^8 conidias/ml en agua destilada con Tween 20 al 0,03%, la inoculación de los gorgojos negros y rayados se realizó mediante la aspersión manual de 3 ml de la suspensión a la concentración antes mencionada de cada aislamiento de *B. bassiana* y *Metarhizium* spp cubriendo completamente los gorgojos; luego de la inoculación se acondicionaron en cajas plástica de 24x 15x 9 cm. separados en cajas individuales por especie y por hongo entomopatogeno inoculado, durante el periodo de evaluación, se suministró a los gorgojos porciones frescas de tallo y rizomas de plátano para su alimentación hasta la muerte de los mismos. Los gorgojos muertos fueron colocados en cámaras húmedas, para favorecer el desarrollo del hongo sobre el insecto. Con ayuda de una pinza o estilete esterilizado , los gorgojos fueron sumergidos en hipoclorito de sodio al 1% por 3 minutos (se someten a una nueva desinfectación), se enjuagan con agua destilada estéril y se colocaron sobre papel toalla estéril para retirar

el exceso de agua, finalmente los gorgojos muertos e infectados con el hongo se colocaron individualmente en placas de petri conteniendo (PDA). Luego de producido el crecimiento y esporulación del hongo en (PDA), para la ejecución del experimento se inicio la producción de la *B. bassiana* y *Metarhizium* ssp. en sustrato de arroz (con mismo procedimiento antes mencionado).

Concentración de esporas:

La cuantificación de la concentración de esporas permite determinar el número de unidades infectivas por unidad de peso o volumen existentes en una formulación y sirve de base para establecer la dosificación de un producto; utilizándose el siguiente protocolo:

De todo el lote crecido con *B. bassiana* en sustrato arroz, se toma como mínimo 3 bolsas al azar de un cultivo de 15 días de desarrollo, se homogeniza el contenido y se pesa de cada uno 10 g, se adiciona agua con Tween 80 al 0,1% hasta un volumen conocido (100 ml). De esta forma queda preparada la suspensión madre de la cual se toman 3 submuestras de 1 ml y se depositan en tubos con 9 ml de agua destilada estéril, hasta preparar una dilución apropiada que permita el conteo para estimar el número de esporas/ ml de la suspensión, para el recuento de esporas se utiliza la Cámara de Neubauer. La cámara esta dividida en 2 retículos y cada uno se subdivide en 9 cuadrados de 1 mm^2 , quiere decir que cada retículo tiene una superficie total de 9 mm^2 . El cuadrado central aparece de nuevo subdividido en 25 cuadrantes y estos en 16 cuadrantes mas pequeños, el recuento se determina sumando el total de esporas

presentes en 5 de los 25 cuadrantes centrales de la cámara. A cada submuestra se le realiza 3 veces este procedimiento para un total de 6 lecturas, la concentración de esporas se calcula multiplicando el promedio del número de esporas por el inverso de la dilución empleada para el conteo y por el factor de la cámara. Antes de proceder al recuento de esporas la cámara debe ser lavada y secada. El tubo de la dilución de la muestra de la cual se va a hacer el conteo de esporas se agita en un vórtex durante 30 segundos e inmediatamente se toma la muestra de 20 μ l con una micropipeta y se deposita con cuidado, de manera que el líquido entre por capilaridad sin que se forme burbujas en la cámara. Se deja reposar la cámara por medio minuto antes de proceder al conteo. Luego se lleva la cámara al microscopio y con el objetivo 10X se localiza en el campo visual el cuadrante central, se enfoca en tal forma que se observen nítidamente los cuadrantes y luego se pasa al objetivo 40X, para el cálculo del número de esporas por gramo se debe determinar previamente el peso del sustrato arroz (1g), para obtener el número de esporas por gramo del producto, se divide el número de esporas/ ml entre el peso de la muestra utilizada.

4.6 CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El campo experimental presento las siguientes características:

a). Bloques

- | | | |
|---------------------|---|-------|
| - Número de bloques | : | 03 |
| - Largo de bloques | : | 122 m |
| - Ancho de bloques | : | 30 m |

- Ancho de calle entre bloques : 50 m
- Área de bloques : 3 660 m²

b). Tratamientos

- Números de tratamientos/bloques : 05
- Largo de tratamientos : 12 m
- Ancho de tratamiento : 30 m
- Ancho de calle entre tratamiento : 10 m
- Área de tratamiento : 360 m²

c). Campo experimental

- Área neta : 5 400 m²

4.7 METODOLOGÍA DEL EXPERIMENTO

El presente experimento se realizó con las siguientes actividades:

a). Demarcación del campo experimental

Para la delimitación de los bloques con sus respectivos tratamientos se utilizó una wincha de 50 metros, estacas y machetes.

b). Control de malezas

El control de malezas se realizó mecánicamente asiendo uso de lampa y machete, efectuándose después de la demarcación del campo experimental.

c). Instalación de Trampas

En el presente trabajo se utilizó trampas tipo sándwich (están constituidas por dos rodajas de secciones de pseudo tallo, de unos

10-15 cm. de longitud), Cada una colocada una encima de otra, previa limpieza del suelo del lugar donde se colocó cada trampa. En función de los tratamientos, se colocaron en caso de entomopatógenos en sustrato (20g/trampa), en caso de producto comercial (1g/ trampa), para los tratamientos con entomopatógenos se le adicionó aceite agrícola al 15% en forma asperjada aproximadamente 5 ml. Se colocaron 4 trampas por cada tratamiento lo que equivale a 12 trampas por repetición.

Se considera un tratamiento testigo en cuyas trampas no se colocó ningún entomopatógeno o producto químico. Las trampas luego de ser colocadas fueron cambiadas cada 5 días, por un tiempo de 15 días (3 cambios).

d). Evaluación:

- **Evaluación Inicial.-** Se realizó una evaluación inicial previa a la instalación del experimento con la finalidad de determinar la población del gorgojo (negro y rayado), se colectaron 40 gorgojos que fueron transportados al laboratorio del Instituto de Cultivos Tropicales con los cuales se reactivaron las cepas de los entomopatógenos (proceso descrito con anterioridad) utilizados en el experimento.

- **Evaluaciones:**

Fase Campo

Preparación de trampas tipo sándwich.

Esta labor se realizó utilizando pseudo tallos de plátano, el mismo que era cortado en rodajas uniformes de 10-15 cm de espesor

por rodaja, colocadas una encima de otra (cada trampa consta de dos rodajas una encima de otra).



Foto 1. Preparación de trampas tipo sándwich.

Por cada tratamiento se utilizaron 4 trampas, en función de estas mismas se colocaron como sustrato del sándwich los siguientes productos:

- T₁ (*Beauveria bassiana* en sustrato de arroz) 20 g/trampa.
- T₂ (*Metarhizium* spp en sustrato de arroz) 20 g/trampa.
- T₃ (*B. bassiana* en sustrato de arroz + *Metarhizium* spp en sustrato de arroz), 10 g/ trampa de cada producto.
- T₄ (*B. bassiana* formulada) se le agrego 1 g. de producto/trampa.

Para todos estos tratamientos los productos fueron esparcidos uniformemente toda la superficie interior del sándwich. Dentro de las trampas con entomopatógenos se les adicionó aceite agrícola al 15 % en forma asperjada aproximadamente 5 ml. Para el T_0 se colocaron las trampas sin ningún tipo de producto.

La disposición de las trampas con su respectivo tratamiento dentro de cada una de las parcelas de campo experimental se hizo en forma de zig – zag, colocando cada trampa al pie del cultivo de plátano previa limpieza del lugar. Las trampas luego de la primera instalación de la misma se cambiaron cada 5 días por un tiempo de 15 días de evaluación.



Foto 2. Disposición de las trampas con sus respectivos tratamientos

Las evaluaciones se realizaron diariamente en las primeras horas de la mañana, recolectando y registrando el número de gorgojos en cada una de las trampas colocadas por cada tratamiento; la recolección de los gorgojos, se realizó en forma individual en viales de vidrio esterilizados para ser trasladados a las instalaciones del laboratorio de fitopatología del ICT.

Fase de Laboratorio

Los gorgojos recolectados diariamente en el campo experimental fueron pasados a vasos descartables con su respectivo alimento, previa descripción del bloque, tratamiento y fecha de recolección. Esta crianza se dió en forma individual, para evitar la diseminación del entomopatógeno entre gorgojo y gorgojo.



Foto 3. Instalación de los gorgojos recolectados
(Laboratorio)

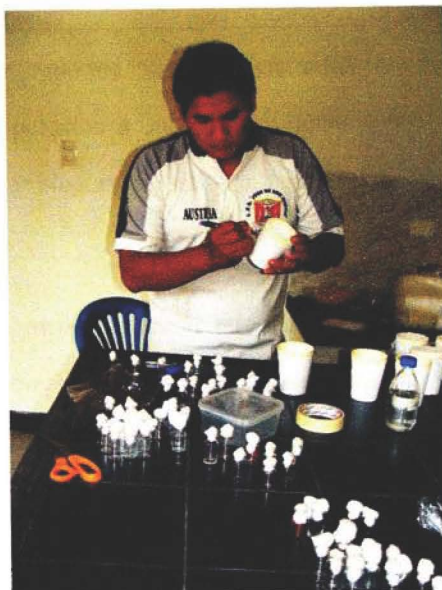


Foto 4. Codificación de los tratamientos en estudio

El alimento suministrado a los gorgojos consistía en pedazos de corno de plátano previa desinfección con hipoclorito de sodio al 5 %, los mismos que eran cambiados ínter diario dependiendo de la deshidratación de los mismos y la muerte del gorgojo.



Foto 5. Alimentación de los gorgojos capturados (corno de plátano)

Los gorgojos muertos fueron registrados en las fichas de evaluación y pasados a una cámara húmeda con su respectiva descripción de bloque, tratamiento, fecha de recolección y fecha de mortalidad.

Los gorgojos muertos fueron pasados a los tapers sobre las laminas portaobjetos en el interior del recipiente se le acondicionó papel toalla esterilizado al final se agregó agua esterilizada para facilitar el desarrollo de entomopatógeno sobre el gorgojo y constatar la esporulación del entomopatógeno aplicado en los tratamientos.



Foto 6. Desinfestación del área cámara humedad
(Alcohol de 96°)

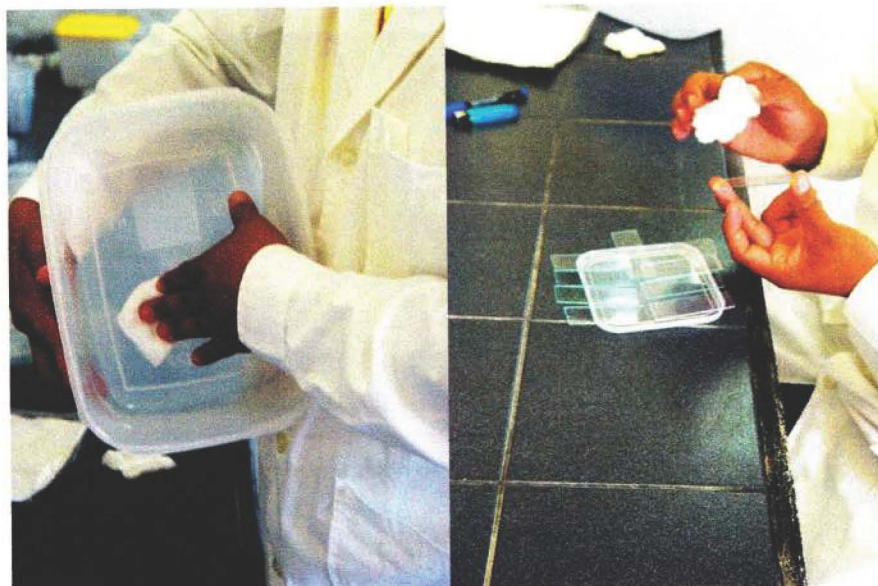


Foto 7. Desinfestación de los materiales para realizar la cámara humedad (Alcohol de 96°)



Foto 8. Codificación de los tratamientos en las laminas porta objetos



Foto 9. Preparación de la cámara humedad.

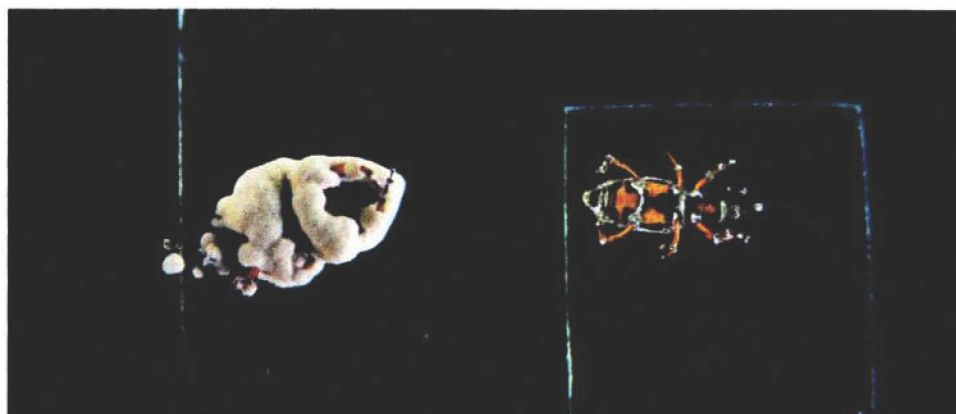


Foto 10. Gorgojo esporulados con *Beauveria bassiana* y *Metarhizium spp*

4.8 PARÁMETROS REGISTRADOS



a). **Número acumulado de gorgojos negros y rayados**

Esta evaluación se realizó registrando los gorgojos capturados de las trampas tipo sándwich de cada evaluación por un periodo de 15 días.

b). **Porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados**

Este parámetro se obtuvo del total de gorgojos *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius* spp. capturados por un periodo de 15 días

c). **Porcentaje de Mortalidad**

Se realizó diariamente registrando el número de gorgojos muertos por tratamiento en relación al total de gorgojos recolectados y criados.

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ gorgojos muertos}}{\text{N}^\circ \text{ total gorgojos}} \times 100$$

d). **Tasa de captura de gorgojos**

Fue obtenida a partir de los datos del número capturado de gorgojos totales, negros y rayados durante 15 evaluaciones diarias, los cuales fueron plotados en función al tiempo. Los datos de captura fueron sometidos al ajuste lineal de crecimiento por medio del análisis de regresión lineal con la finalidad de lograr explicar el progreso de la enfermedad en función del tiempo.

e). Porcentaje de Esporulación

Este parámetro evaluado se realizó diariamente, los gorgojos muertos fueron sometidos a cámara humedad para verificar si en los tratamientos con entomopatógenos se produce la esporulación de los mismos.

$$\% \text{ Esporulación} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ gorgojos con esporulación}}{\text{N}^{\circ} \text{ totales de gorgojos muertos}} \times 100$$

f). Tiempo Letal Medio (TL₅₀)

Este parámetro evaluado se obtuvo al momento de realizar el diseño estadístico del experimento el cual consiste en el 50% de mortalidad de los gorgojos después de ser recolectados.

V. RESULTADOS

5.1 EVALUACIONES A NIVEL DE CAMPO

5.1.1 Número acumulado de gorgojos negros y rayados

- ❖ *Cosmopolites sordidus* (Gorgojo negro)
- ❖ *Metamasius hemipterus* (Gorgojo rayado)

Cuadro 4. Resumen del análisis de variancia para el número acumulado de gorgojos totales, negros y rayados durante 15 evaluaciones.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados Medios		
		Gorgojos totales	Gorgojos negros ^{1/}	Gorgojos rayados
Bloques	2	130,07 NS	1,213 NS	109,07 NS
Tratamientos	4	1591,33 AS	0,248 NS	1660,33 AS
Error experimental	8	199,23	0,691	203,48
Total	14			

^{1/} Datos originales transformados a \sqrt{x}

NS = No existen diferencias estadísticas significativas

AS = Diferencias estadísticas altamente significativas ($\alpha = 0.01$)

R ² (%)	80,03	38,22	80,82
C.V.(%)	19,48	20,03	26,09
\bar{x}	72,47	4,15	54,67
Sx	14,12	0,83	14,26

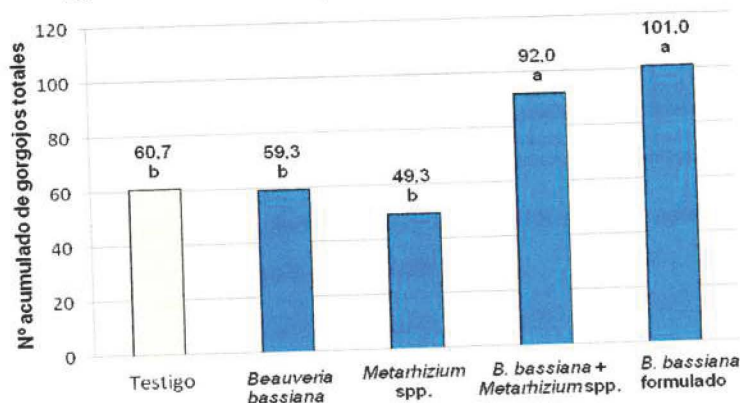


Figura 1. Número acumulado de gorgojos totales capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.

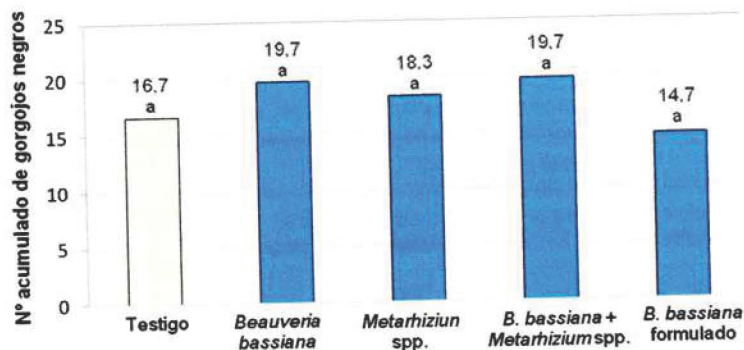


Figura 2. Número acumulado de gorgojos negros capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.

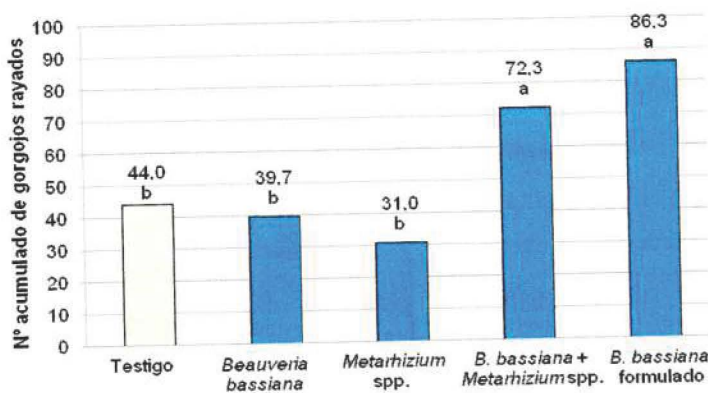


Figura 3. Número acumulado de gorgojos rayados capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.

5.1.2 Porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados

Cuadro 5. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados acumulados durante 15 evaluaciones.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados Medios	
		% acumulado de gorgojos negros ^{1/}	% acumulado de gorgojos rayados
Bloques	2	1,115 NS	123,75 NS
Tratamiento	4	2,728 NS	266,22 NS
Error experimental	8	1,031	126,75
Total	14		

^{1/} Datos originales transformados a \sqrt{x}

NS = No existen diferencias estadísticas significativas

R ² (%)	61,44	56,41
C.V.(%)	20,00	15,46
\bar{x}	5,08	72,81
Sx	1,02	11,26

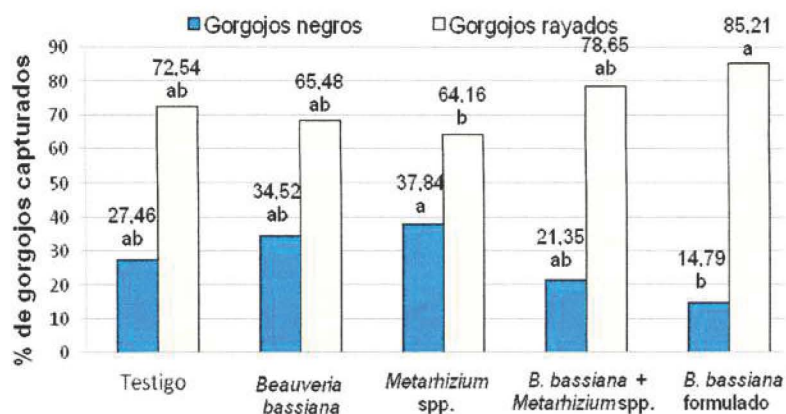


Figura 4. Porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados capturados durante 15 evaluaciones a nivel de campo.

5.1.3 Tasa de captura

Cuadro 6. Resumen del análisis de variancia para la tasa de captura (b) del número de gorgojos totales, negros y rayados durante 15 evaluaciones.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados Medios de la Tasa de Captura (b)		
		Gorgojos totales	Gorgojos negros ^{1/}	Gorgojos rayados
Bloques	2	0,7157 NS	0,1246 NS	0,2338 NS
Tratamiento	4	7,6779 S	0,0156 NS	7,9494 AS
Error experimental	8	1,1143	0,0577	1,0773
Total	14			

1/ Datos originales transformados a \sqrt{x}

NS = No existen diferencias estadísticas significativas

R ² (%)	78,29	40,30	78,92
C.V.(%)	22,34	22,89	29,06
\bar{x}	4,73	1,05	3,57
Sx	1,06	0,24	1,04

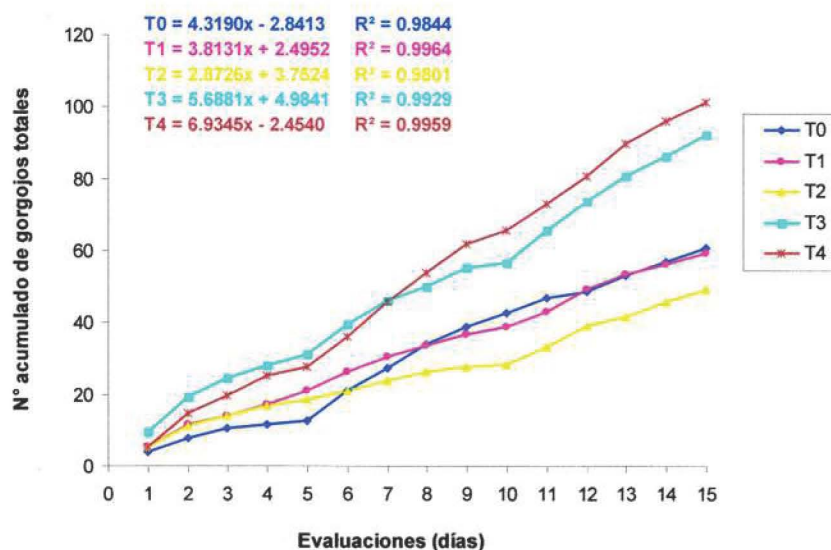


Figura 5. Curva de captura del número acumulado gorgojos totales capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).

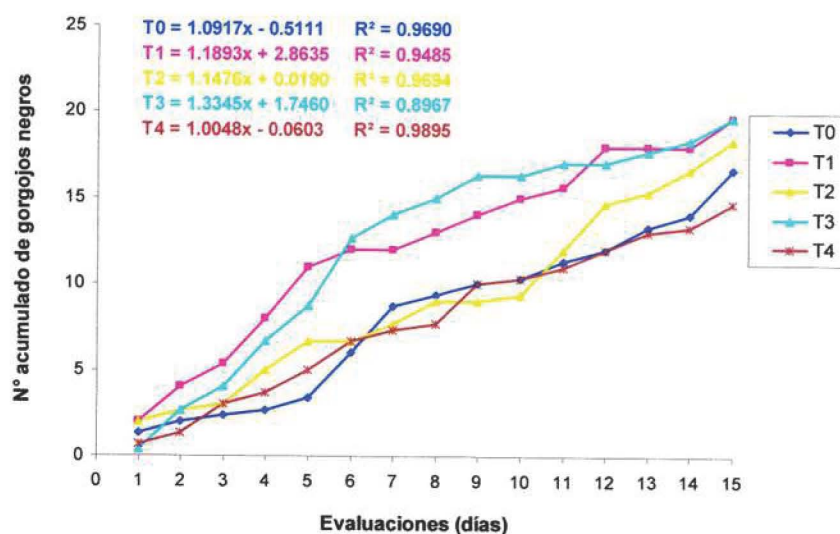


Figura 6. Curva de captura del número acumulado de gorgojos negros capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).

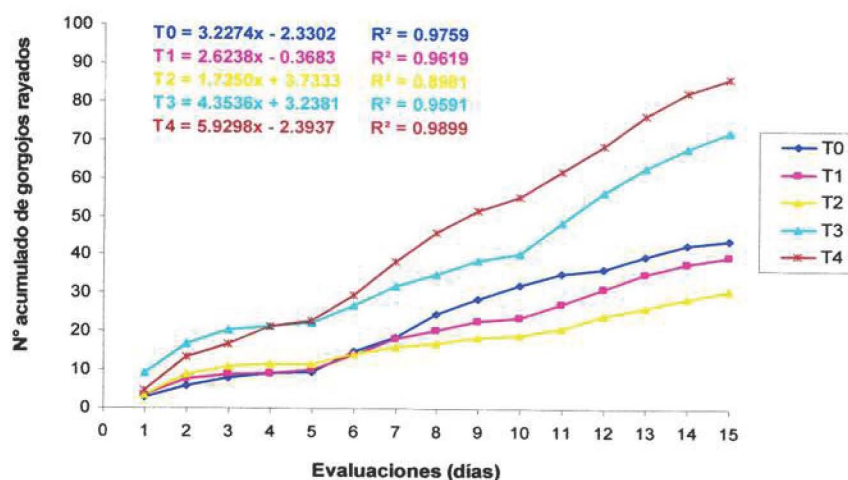


Figura 7. Curva de captura del número acumulado de gorgojos rayados capturados bajo diferentes tipos de control (tratamientos).

5.2 EVALUACIONES A NIVEL DE LABORATORIO

Cuadro 7. Resumen del análisis de variancia para el tiempo letal medio, porcentaje de gorgojos muertos y porcentaje de gorgojos esporulados.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados Medios		
		Tiempo letal medio	% de gorgojos muertos	% de gorgojos esporulados
Tratamiento	4	680,67 AS	2382,59 AS	1949,78 AS
Error experimental	10	20,07	52,67	214,43
Total	14			

NS = No existen diferencias estadísticas significativas

S = Existe diferencias estadísticas significativas.

AS = Existe diferencias estadísticas altamente significativas.

R ² (%)	93,14	94,76	78,43
C.V.(%)	16,39	12,61	19,60
\bar{x}	27,33	57,53	74,71
Sx	4,48	7,26	14,64

5.2.1 Tiempo Letal Medio

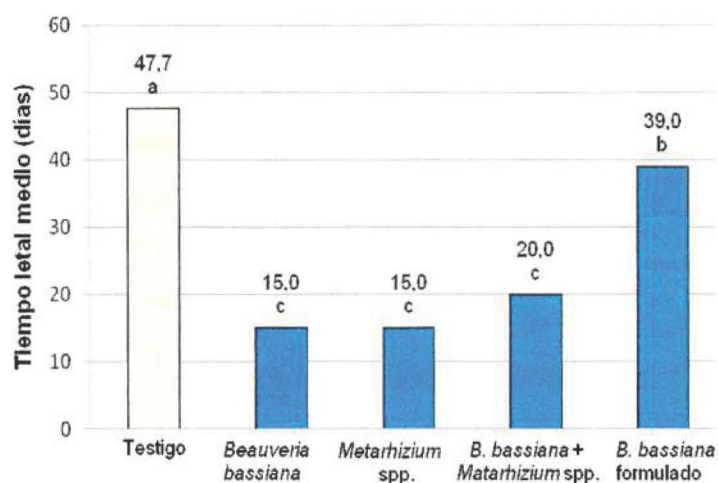


Figura 8. Tiempo letal medio (días) de gorgojos totales por efecto de los tratamientos en estudio.

5.2.2 Porcentaje de Mortalidad y Esporulación

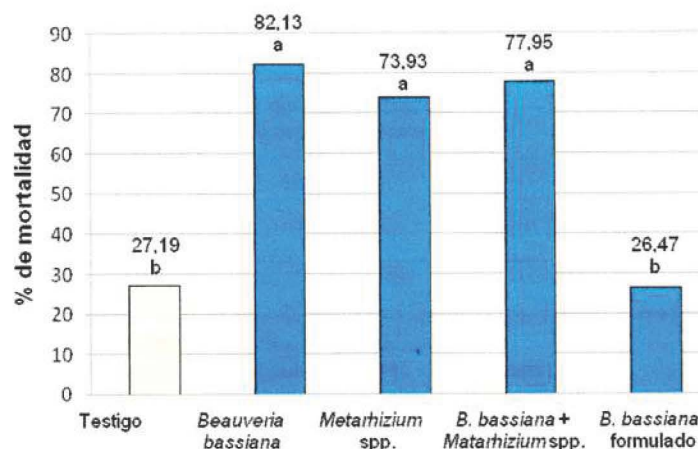


Figura 9. Porcentaje de mortalidad de gorgojos totales por efecto de los tratamientos en estudio.

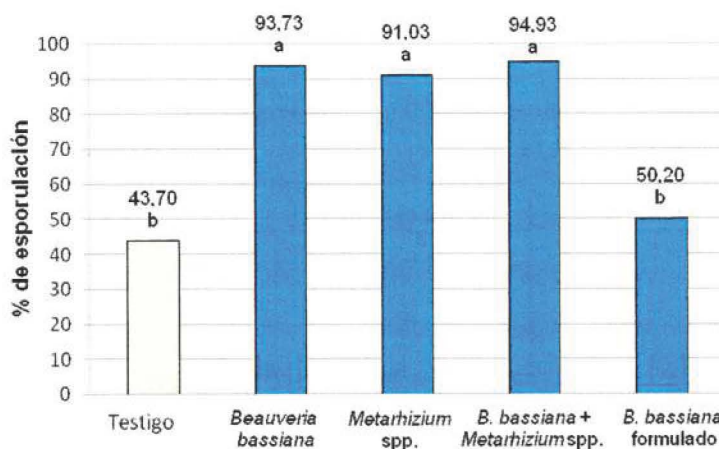


Figura 10. Porcentaje de esporulación de gorgojos totales por efecto de los tratamientos en estudio.

Cuadro 8. Resumen del análisis de variancia para el porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y gorgojos rayados.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados Medios	
		% de mortalidad de gorgojos negros	% de mortalidad de gorgojos rayados
Tratamiento	4	193,76 S	1477,02 AS
Error experimental	10	38,92	93,65
Total	14		

S = Existe diferencias estadísticas significativas.

AS = Existe diferencias estadísticas altamente significativas.

R ² (%)	66,56	86,31
C.V.(%)	48,67	21,64
\bar{x}	12,81	44,72
Sx	6,24	9,68

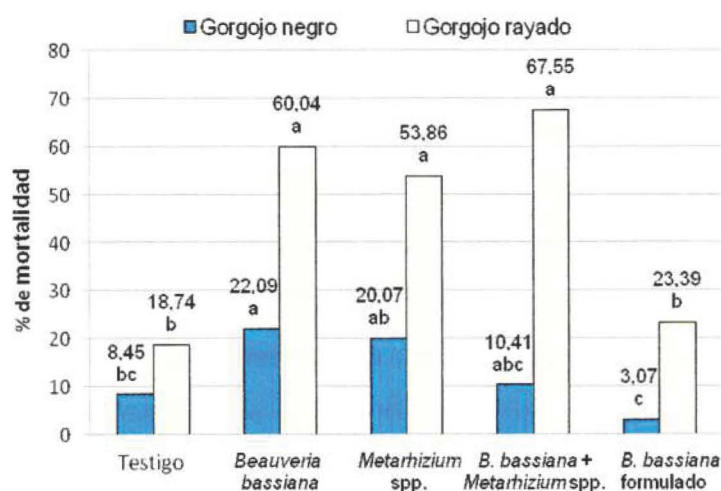


Figura 11. Porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y rayados por efecto de los tratamientos en estudio.

VI. DISCUSIÓN

6.1 DE LAS EVALUACIONES A NIVEL DE CAMPO

6.1.1 Del número acumulado de gorgojos negros y rayados

En el Cuadro 3, se muestra el resumen del análisis de variancia para el número acumulado de gorgojos totales, negros y rayados, como consecuencia de 15 evaluaciones realizadas diariamente; observándose que no existen diferencias estadísticas significativas para el efecto de bloques en los tres parámetros evaluados; pero sí existe diferencias altamente significativas para el efecto de tratamientos en el número acumulado de gorgojos totales y de gorgojos rayados; más no en el número acumulado de gorgojos negros.

Los coeficientes de determinación superior al 80% para el caso del número acumulado de gorgojos totales ($R^2 = 80,03\%$) y gorgojos rayados ($R^2 = 80,82\%$), nos permite afirmar que los resultados de las unidades experimentales en estas variables, presentan un buen ajuste a la tendencia experimental; mientras que para el número acumulado de gorgojos negros ($R^2 = 38,22\%$), nos indica un bajo ajuste de las unidades experimentales a la tendencia experimental, esto posiblemente se da a que a nivel de campo, pueden existir algunos factores no controlables como clima, características del hospedero, las trampas utilizadas con diferentes tipos de variedades, suelo, etc.; lo cual induce a una mayor variabilidad y un menor ajuste a la tendencia experimental.

Los análisis comparativos de promedios (Figura 1), para el caso del número acumulado de gorgojos totales, nos muestran efectos superiores de los tratamientos a base de *Beauveria bassiana* formulado y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp., diferenciándose significativamente de los demás tratamientos en estudio (testigo, *B. bassiana*, *Metarhizium* spp.).

En la Figura 2 y 3, se muestran en forma independiente los valores acumulados de gorgojos negros y rayados capturados por efecto de las cepas de los entomopatógenos en estudio, observándose en términos generales una mayor captura de gorgojos rayados en comparación al número acumulado de gorgojos negros; aún cuando a nivel de trópico se reporta como principal plaga del cultivo de plátano a *Cosmopolites sordidus* Germar (gorgojo negro). Según AYALA y MONZÓN (1977), indican que el picudo negro del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar es el principal insecto que afecta el como de las musáceas, lo cual tiende a incrementar su población a través de la utilización de semilla infestada, ocasionando reducción en los rendimientos por disminución del tamaño y calidad de racimos, así como acortamiento de la vida útil de las plantaciones por la mala calidad de la brotación de yemas.

Los efectos de las cepas entomopatógenas (tratamientos) en la captura de gorgojo negro presentan comportamientos similares entre sí, cuyas fluctuaciones promedios de captura fueron de 14,7 a 19,7 gorgojos capturados; mientras que las capturas de gorgojos rayados

fueron más fluctuantes, esto posiblemente favorecido por la mayor población de gorgojos rayados a nivel de campo, viéndose mejorado este efecto posiblemente por el tipo de trampa y material utilizado, creando condiciones similares a los existentes en el medio ambiente. Según PEÑA *et. al.* (1991) indican que generalmente estos insectos viven en la parte basal de las plantas y debajo o dentro de los residuos de cosecha, donde encuentran las mejores condiciones de humedad y luz para su desarrollo e incremento poblacional; tendiendo a desarrollar generalmente su actividad durante la noche.

En el Cuadro 4, se muestra el resumen del análisis de variancia para el porcentaje relativo de gorgojos negros y rayados capturados durante 15 evaluaciones, observándose diferencias estadísticas no significativas tanto para el efecto de bloques y tratamientos (cepas entomopatógenas). Estos resultados nos estarían indicando comportamientos similares de las cepas entomopatógenas en el porcentaje de captura de gorgojos negros y rayado, independientemente del número acumulado de gorgojos negros y rayados capturados. Los valores porcentuales promedios de captura de gorgojos negros y rayados (Figura 4), nos muestran fluctuaciones de 64,16 a 85,21% de gorgojos rayados; mientras que para el caso de gorgojos negros los porcentajes de captura fueron significativamente inferiores con fluctuaciones de 14,79 a 37,84%.

Los coeficientes de variabilidad (Cuadro 4), para el porcentaje relativo de captura de gorgojos negros (20,0%) y gorgojos rayados (15,46%),

nos indican buena homogeneidad de los resultados experimentales, respectivamente, según CALZADA (1980). Los coeficientes de determinación por debajo del 65% nos estarán indicando un menor ajuste y una mayor dispersión de los resultados experimentales con respecto a la tendencia experimental, debido a como anteriormente se mencionó a la existencia de posibles factores no controlables, repercutiendo en grado diferente en cada repetición experimental.

6.1.2 Tasa de captura

En el Cuadro 5, se muestra el resumen del análisis de variancia para la tasa de captura (b) del número de gorgojos totales, negros y rayados como consecuencia de las 15 evaluaciones realizadas diariamente a nivel de campo; observándose que no existen diferencias estadísticas significativas para el efecto de bloques, pero sí diferencias significativas y altamente significativas para el efecto de tratamientos en el tasa de gorgojos totales capturados y gorgojos rayados capturados, respectivamente. Los valores de tasa de captura (b) tanto de gorgojos negros y rayados, nos indican el número promedio de gorgojos capturados por cada unidad de tiempo avanzado, expresándose esto a través de la pendiente o coeficiente de regresión (b) en una tendencia de crecimiento lineal o modelo matemáticos lineal. A su vez, HERNÁNDEZ (1986), indica la importancia de modelos matemáticos en la representación de la dinámica de una enfermedad, expresando su linealidad a través de ecuaciones.

Las diferencias significativas mostradas en el Cuadro 5, para el efecto de tratamientos en la tasa de captura (b) de gorgojos totales se visualizan en la Figura 5, cuyas fluctuaciones fueron desde 2,7826 a 6,9345 gorgojos totales capturados/día, correspondiendo la mayor tasa de captura a la formulación de *Beauveria bassiana* comercial (brocaril), redundando a su vez en un mayor número acumulado de gorgojos totales capturados. En contraposición, la menor tasa de captura de gorgojos totales se da a través de la formulación de *Metarhizium* spp., esto posiblemente debido a que el material utilizado para las trampas (variedad de platano) no hayan cuasado la atracción necesaria a los gorgojos.

En relación a la tasa de captura de gorgojos negros (b), los valores promedios se muestran en la Figura 6, observándose fluctuaciones muy ajustadas ($b = 1,0048$ a $1,3345$) que dan la apariencia de tener tendencias lineales paralelas entre sí, de ahí que los resultados del análisis de variancia nos muestra diferencias no significativas para el efecto de tratamientos en esta variable en estudio. Los valores de tasa (b) que repercuten en la tendencia lineal de gorgojos totales capturados se muestran en la Figura 7, referidos básicamente a la tasa de captura de gorgojos rayados, con fluctuaciones de 1,7250 a 5,9298 gorgojos rayados capturados/día, mostrando un mejor efecto diferencial el tratamiento a base *B. bassiana* comercial (brocaril) por su alta tasa de captura, repercutiendo en un mayor número acumulado de gorgojos rayados capturados al final de las evaluaciones. En contraposición el menor efecto, tanto en la tasa de

captura y número acumulado de gorgojos rayados, se da a través del uso de *Metarhizium* spp.

6.2 DE LAS EVALUACIONES A NIVEL DE LABORATORIO

Las evaluaciones realizadas a nivel de laboratorio nos ha permitido determinar observar el efecto de cada tratamiento mediante la cuantificación de gorgojos muertos y esporulados; permitiéndonos además determinar el tiempo letal medio de las tratamientos en estudio.

6.2.1 Tiempo Letal Medio

En el Cuadro 6, se muestra el resumen del análisis de variancia para las características tiempo letal medio, porcentaje de gorgojos muertos y esporulados; observándose diferencias altamente significativas para el efecto de tratamientos en las tres variables en estudio, demostrándose al menos que uno de los tratamientos resulta estadísticamente diferente a los demás tratamientos en estudio.

Los resultados de la prueba de Duncan para la variable Tiempo letal medio (Figura 8), nos muestra un mejor efecto de los tratamientos a base de *Metarhizium* spp. (T_2), *B. bassiana* (T_1) y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp (T_3), con período fluctuante de 15 a 20 días para ocasionar la muerte de al menos el 50% de gorgojos totales capturados. Mediante la utilización del tratamiento testigo (T_0), el periodo para lograr la mortalidad del 50% de gorgojos totales tiende a alargarse, sobrepasando los 45 días; aunque esta mortalidad puede deberse posiblemente a otros factores no controlables como estrés,

tipo de alimentación, condiciones artificiales, etc. Esto coincide con JIMENEZ (1990), cuando menciona que en condiciones de laboratorio se determinó que para *B. bassiana* la concentración letal (CL-50) fue de $2,8 \times 10^7$ conidios/ ml y el tiempo letal medio (TL-50) fue de 16,98 días, resultando la dosis más efectiva de $5,5 \times 10^5$ conidios / cm^2 . *M. anisopliae* fue más efectivo con una CL-50 de $7,2 \times 10^6$ conidios / ml, el TL-50 de 10,23 días y una dosis de 10^5 conidios / cm^2

6.2.2 Porcentaje de gorgojos muertos y esporulados

Los análisis comparativos para el porcentaje de gorgojos muertos y esporulados (Figura 11), también nos permiten visualizar mejores efectos de los tratamientos a base de *B. bassiana* (T_1), *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3) y *Metarhizium* spp. (T_2), diferenciándose significativamente de los tratamientos Testigo (T_0) y *Beauveria bassiana* comercial (T_4), quienes lograron los más bajos porcentajes de mortalidad y esporulación de gorgojos.

Las diferencias significativas y altamente significativas encontradas para el efecto de tratamientos en el porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y rayados, nos indican efectos diferentes en la expresión de estas características de los tipos de control o tratamientos de entomopatógenos aplicados (Figura 11).

El análisis comparativo de medias (Figura 11) para el porcentaje de mortalidad de gorgojos negros, nos muestra un efecto superior del

tratamiento a base de *Beauveria bassiana* (T₁) con 22,09% de mortalidad, no diferenciándose significativamente de los tratamientos a base de *Metarhizium* spp. (T₂) y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T₃), pero sí de los demás tratamientos, cuyos porcentajes de mortalidad de gorgojo negro fueron inferior al 10%. En relación al porcentaje de mortalidad de gorgojos rayados, también se observa un efecto estadístico superior de los tratamientos a base de *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T₃), *Beauveria bassiana* (T₁) y *Metarhizium* spp. (T₂), con 67,55, 60,04 y 53,84% de mortalidad de gorgojos rayados, respectivamente. Estos resultados tienen relación con ARÉVALO *et al.* (1998), cuando reportan que estudios realizados en Perú con *B. bassiana* en el control del gorgojo negro y rayado del plátano, manifiesta que existen diferentes razas patogénicas de *B. bassiana*, al encontrar diferencias en la tasa de mortandad en ambos tipos de gorgojos; resultando un mayor control para el gorgojo rayado con porcentajes que varían de 64,3 a 85,4%, y en menor para el gorgojo negro con 28,7- 51,7%.

Se observa una mortalidad y esporulación en el tratamiento testigo (T₀), con 27,19 % y 43,7 % respectivamente, debido a que los hongos entomopatógenos se encuentran en forma natural en el campo y además por la movilidad de los insectos que probablemente se hayan refugiado en mas de un tratamiento.

También se observó una baja mortalidad y esporulación del tratamiento con *B. bassiana* comercial (T₄), con 26,47 % y 50,20 % respectivamente, proveniente de Colombia con respecto al los

tratamientos con de *B. bassiana* y *Metarhizium* spp. Provenientes de cepas nativas locales, esto se puede atribuir a que la *B. bassiana* comercial puede haber perdido su patogenicidad por que el trabajo se realizo en condiciones climatológicas y de altitud, diferentes a la que fue reactivada, por ende la perdida de su virulencia.

VII. CONCLUSIONES



En base a las condiciones que se realizó el experimento y a los resultados obtenidos en el período de evaluación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 6.1 Durante el periodo de muestreo, en el cultivo de plátano, en el sector "San José la Llanura" del distrito de Cacatachi, se logró capturar 89,1 gorgojos negros *Cosmopolites sordidus* y 273,3 gorgojos rayados *Metamasius hemipterus* con trampas tipo sándwiches, en un área aproximado de 1,5 Ha.
- 6.2 Sobresalieron los tratamientos a base de *Beauveria bassiana* comercial (T_4) y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3), donde se logró capturar 101 y 92 gorgojos respectivamente.
- 6.3 De las evaluaciones a nivel de laboratorio, para determinar el porcentaje de mortalidad de los gorgojos capturados, sobresalió el tratamiento (T_1) con *B. bassiana* con 82,13 % de gorgojos muertos , y parar el porcentaje de esporulación el tratamiento (T_3) *B. bassiana* + *Metarhizium* spp con un 94,93 % de gorgojos esporulados.
- 6.4 Las cepas puras de *B. bassiana*, y *Metarhizium* spp (T_1 y T_2) alcanzaron un menor TL_{50} de 15 días, mientras que el testigo alcanzó un TL_{50} a los 47,7 días.

- 6.5 Se observó la presencia de cepas nativas de hongos entomopatógenos, las que se manifiestan en la muerte y esporulación del tratamiento testigo.
- 6.6 Los tratamientos T1, T2 y T3, fueron obtenidos a base de cepas nativas de Hongos entomopatógenos en la región, estas mostraron mayor grado de patogenicidad respecto a la cepa comercial de *B. bassiana*, proveniente de Colombia.

VIII. RECOMENDACIONES



- 7.1 Realizar pruebas de patogenicidad en el control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* de las cepas con mejores resultados de control a nivel de campo, mediante la utilización de diferentes tipos de trampas.
- 7.2 Realizar pruebas de colección de gorgojos de otras zonas plataneras, a fin de encontrar cepas con un mayor efecto patogénico en *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus*, expresado en una mayor tasa de mortandad y esporulación.
- 7.3 Debido a la capacidad entomopatogénica de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp., incorporar el método de control biológico utilizando estos entomopatógenos, como un componente más dentro de un programa de manejo integrado de esta plaga.
- 7.4 Realizar pruebas con diferentes tipos de variedades de plátanos, en el uso de trampas tipo sándwich y otros diferentes tipos de trampa, para determinar la atracción de los mismos, hacia los gorgojos.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. ALEXOPOULUS, C. J. 1985. Introducción a la micología. Editorial OMEGA. Barcelona, España. Pp. 212 - 223.
2. ARÉVALO. E.; CABEZAS, O; RIOS, R. y ZÚÑIGA L. 1998. Control del gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y gorgojo rayado (*Metamasius hemípterus* L.) del plátano con *Beauveria bassiana* (Bals) Buill. en condiciones de campo y laboratorio. Tingo María, Perú. 25 p.
3. ALVES, S; LECUONA, R. 1996. Utilización de hongos entopatógenos. In Lecuona RE, Ed. Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. P. 241-254.
4. AYALA, J. L. y MONZON, S. 1977. Ensayo sobre diferentes dosis de *Beauveria bassiana* para el control del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germar). Centro de Agricultura (Cuba). 4(2): 19-23.
5. BATISTA FILHO, A; PAIVA, LM; MYAZAKI, Y; BASTOS, BC; OLIVEIRA, D. 1987. Control biológico do moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus* Germar 1824) pelo uso de fungos entomopatógenos no oratorio. Biológico (Brasil) 53(1/6):1-6.
6. BARNETT, H. and HUNTER, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. APS PRESS. Minesota, EE.UU. 65 p.

7. BAUTISTA A.; GONZALES N. 2003 Aplicación de Tres Dosis de *Metarhizium anisopliae*, sobre la mosca pinta (*Aeneolamia spp.*) en Caña de azúcar, en la Región de los Ríos, Estado de Tabasco. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco - México.
8. BELALCAZAR, C. 1991. El cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) en el trópico. Edit. IICA. Bogotá, Colombia. 376 p.
9. CARBALLO, M. 1996. Evaluación de la mortalidad de *C. sordidus* (Germar) por efecto de diferentes formulaciones de *Beauveria bassiana* (Bals). In congreso Internacional de Manejo Integrado de Plagas y V taller latinoamericano sobre moscas blancas y geminivirus (6, 1996, Acapulco, México). P. 148.
10. CÁRDENAS, R. 1983. Dos plagas del plátano en I Quindío, picudo negro, *Cosmopolites sordidus* (Germar). In Seminario Internacional de Plátano)1, 1983, Manizales, Colombia), CENICAFE. P. 27-32
11. CASTELLANOS, D. 1997. Importancia en la patogenicidad de la acción enzimática del hongo *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. Revista Colombiana de Entomología 23 (1-2): 65-71.
12. CASTIÑEIRAS, A; LÓPEZ, M; CALDERÓN, A; CABRERA, T; LUJÁN, M. 1990. virulencia de 17 aislamientos de *Beauveria bassiana* y 11 de *Metarhizium anisopliae* sobre adultos de *Cosmopolites sordidus*. Ciencias y Técnicas en la agricultura (Cuba) 13(3):13(3):45-51.
13. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFE). 1993. Pérdida de virulencia del hongo *Beauveria bassiana* cultivado sucesivamente en sustrato de arroz. BRO CARTA N° 14. Colombia. Pp. 12 - 16.

14. COAGUILA R., P. 2001. Efecto de dos cepas de *Beauveria bassiana* (Bals) Bullí. en el control de gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) y gorgojo rayado (*Metamasius hemipterus* Seriseus) en el cultivo de plátano en Tingo María. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 100 p.
15. COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE (CMI). 1979. *Beauveria bassiana*. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria. England. N° 602 - 603.
16. DOMSCH, K.H., GAMS, W. y ANDER-SON, Traute-Heide. 1993. Compendium of Soil Fungi. Vol. I. IHW-Verlag, Eching. pp. 413-415.
17. DORIA B. MANUEL 2006. "Taxonomía de los Insectos" Universidad Nacional de San Martín. Facultad de ciencias Agrarias. Tarapoto - Perú
18. ESTRADA ME. 1991 Lucha biológica contra las principales plagas de la caña de azúcar en Cuba. Les Coloq. INRA. 58: 14-24.
19. FIGUEROA R., G. 1992 "El Cultivo del Plátano en el Perú" proyecto TTA USAID. Ed Fundeagro. Lima. Pp. 91- 92.
20. FRANCE, A.; GERDING, M. y SANDOVAL, A. 2000. Patogenicidad de una colección de cepas nativas de *Metarhizium* spp. y *Beauveria* spp. EN *Aegorhinus superciliosus*, *Asynonychus cervinus* Y *Otiorhynchus sulcatus*, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
21. GALAN S, V. (2004). Los frutales tropicales en los subtropicos.

22. GAMARRA, D. 1993. Biocontrol de larvas del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes suturicallus*) con *Beauveria brongniartii* en almacenes tradicionales de papa. Resúmenes del XIII Congreso Peruano de Fitopatología. Tingo María, Perú. 1994.
23. GOLD, C.S. Y MESSIAEN, S. 2000 "El Picudo Negro del Banano *Cosmopolites sordidus*" Plagas de Musa – Hoja Divulgativa N° 04 Inibap.
24. JIMENES, J. 1990. Determinación de la efectividad de *B. bassiana*, *M. anisopliae* y *P. megacephala* en el control de *Cosmopolites sordidus* en banano. Informe Final (1986-1990) Resultado 518.04.08. INISAV, 24p.
25. LARA, E. F. 1970. Problemas y Procedimientos Bananeros en la zona Atlántica de Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, IICA. 278 p.
26. LUTZEYER, H. 1994. Avances en el control de plagas y enfermedades en cultivos perennes tomando como referencia al café. Informe Técnico del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania. BMZ – GTZ. Bonn, Alemania. 152 p.
27. MANUAL PARA LA EDUCACION AGROPECUARIA (1997). Cultivos de Plantación. Editorial Trillas. México D.F. MÉXICO.
28. MONTELLANO, C, 1954 Estudios biológicos del *Cosmopolites sordidus*, que afecta al rizoma d abacá. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA. 71 p.

29. PEÑA, J. E.; DUNCAN, R. y MARTIN, R. 1991. Biological control of *Cosmopolites sordidus* in Florida. In: C.S. Gold and. B. Gemill eds. Biological and Integrated control of highland banana and plantain pests and diseases. Pp. 125 - 139.
30. SARMIENTO *et al* 1995. Plagas de los Cultivos de Caña de Azúcar, Maíz y Arroz, UNALM Lima – Perú.
31. SIMMONDS y SHEPHERD, 1998 "El origen y la taxonomía de los plátanos cultivados" Ed. BLUME, Barcelona. 54p
32. SIRJUSINGH, C; KERMARREC; A; MAULEON, H; LAVIS, C; ENTIENNE, J. 1992. Biological control of weenils and whitegrubs on bananas and sugarcane in the Caribbean, Florida Entomologist 75(4):548-562,
33. STEINBERG, T., V. LANGER y P. ESBJERG. 1995. Entomopathogenic fungi in predatory beetles (Col: Scarabidae and Staphylinidae) from agricultural fields. Entomophaga 40:77-85.
34. TORRES, H. 1993. Control biológico del gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.) con *Beauveria brongniartii*. Guía de Investigación CIP 8. Lima, Perú. 12 p.
35. TREJO, JA.1971 Biología del picudo negro del banano *Cosmopolites sordidus* (Germar) y su distribución. Tesis Ing. Agr. San salvador, El salvador, Universidad de El Salvador. 66 p.
36. VADEMECUM REMER 2007. Glosario Toxicológico. Dirección general de Protección Civil. www.proteccioncivil.org/vademecum/vdm02525.htm

RESUMEN

Con la finalidad de determinar el efecto de los entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium* spp en el control de la población del gorgojo negro (*Cosmopolites sordidus*) y gorgojo rayado (*Metamasius hemipterus*), se realizó el presente ensayo en una plantación de plátano variedad "Inguiri" de 3 años de edad ubicado a 10 Km de la ciudad de Tarapoto por el norte de la carretera Fernando Belaunde Terry (primera etapa) y en el Laboratorio de Fitopatología del Instituto de Cultivo Tropicales (segunda etapa) durante el mes de Noviembre del 2004.

Los tratamientos utilizados tanto a nivel de campo y laboratorio fueron: Testigo (T_0), *Beauveria bassiana* (T_1), *Metarhizium* spp. (T_2), *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3) y *Beauveria bassiana* comercial (T_4); utilizándose 04 trampas tipo sándwich de rodajas de pseudotallo de 10 - 15 cm de longitud para la captura de gorgojos a nivel de campo por bloque o repetición y por tratamiento. La cantidad de entomopatógeno utilizado (T_1 , T_2 y T_3) fue de 20 g/planta, mientras que brocaril (*Beauveria bassiana* comercial: T_4) solamente se utilizó 1 g/trampa; éstos asperjados con aproximadamente 5 ml de aceite agrícola al 15%.

El diseño experimental empleado a nivel de campo fue el Bloques Completamente al Azar (DBCA), con 05 tratamientos y 03 repeticiones o bloques; variando su planteamiento a nivel de laboratorio a un Diseño Completamente al Azar (DCA); utilizándose para la comparación de medias la Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Los resultados obtenidos nos muestran para las evaluaciones de campo superioridad estadística en el número capturado de gorgojos totales, colectados de los tratamientos a base *Beauveria bassiana* comercial (T_4) y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3), repercutiendo en una mayor tasa de captura tanto de gorgojos totales y gorgojos rayados.

Asimismo, las evaluaciones a nivel de laboratorio nos permite observar mejor efecto en el número de gorgojos muertos y esporulados del tratamiento a base de *B. bassiana* + *Metarhizium* spp (T_3), con 71.7 y 68.0 gorgojos en promedio respectivamente, diferenciándose significativamente del efecto de los demás tratamientos en estudio; mientras que los menores efectos estadísticamente lo presentan el tratamiento testigo (T_0) y *Beauveria bassiana* comercial (T_4), redundando en un mayor tiempo letal medio de gorgojos totales con 47.7 y 39.0 días en promedio. En relación al porcentaje de gorgojos totales muertos y esporulados, porcentaje de mortalidad de gorgojos negros y rayados; se observa mejores efectos fueron de los tratamientos a base de *Beauveria bassiana* (T_1), *Metarhizium* spp. (T_2) y *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3); diferenciándose significativamente del tratamiento testigo (T_0) y *Beauveria bassiana* comercial (T_4).

SUMMARY

With the purpose of determine the effect of the entomopatógenos *Beauveria bassiana* and *Metarhizium* spp in the control of the population of the black weevil (*Cosmopolites sordidus* Germar) and rayado weevil (*Metamasius hemipterus*), the present test was made in a banana plantation variety "Inguiri" of 3 years of age located to 10 km of the city of TARAPOTO by the north of the highway Fernando Belaunde Terry (first stage) and in the Laboratory of phytopathologie of the Tropical Institute of Culture (second stage) during the month of November of the 2004.

The treatments used as much at level of field and laboratory were: Witness (T_0), *Beauveria bassiana* (T_1), *Metarhizium* spp. (T_2), *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3) and *Beauveria bassiana* commercial (T_4); being used 04 traps type sandwich of slice of pseudostem of 10 - 15 cm in length for the capture of weevils at level of field by block or repetition and treatment. The amount of used entomopatógeno (T_1 , T_2 and T_3) g/plant was of 20, whereas brocaril (*Bassiana Beauveria* commercial: T_4) 1 was only used g/trap; these sprinkled with approximately 5 milliliter of agricultural oil to 15%.

The used experimental design at field level was the Blocks Completely at random (DBCA), with 05 treatments and 03 repetitions or blocks; varying its exposition at level from laboratory to Desing Completely at random (DCA); being used for the comparison of averages the Test of Duncan ($\alpha = 0,05$).

The obtained results show for the field evaluations statistical superiority to us in the captured number of total weevils, collected of the treatments

to base *Bassiana Beauveria* commercial (T_4) and *B. bassiana* + *Metarhizium* (T_3), repelling in a greater rate of capture as much of total weevils and lined weevils.

Also, the evaluations at laboratory level allow us to observe better effect in the number of dead and covered with spores weevils of the treatment with *B. bassiana* + *Metarhizium* spp (T_3), with 71,7 and 68,0 weevils in average respectively, being different itself significantly from the effect of the other treatments in study; whereas the smaller effects statistically present/display the treatment witness (T_0) and *Beauveria bassiana* commercial (T_4), resulting in a greater average lethal time of total weevils with 47,7 and 39,0 days in average. In relation to the percentage of dead total weevils and esporulados, percentage of mortality of black and lined weevils; it is observed better effects were of the treatments with *Beauveria bassiana* (T_1), *Metarhizium* spp. (T_2) and *B. bassiana* + *Metarhizium* spp. (T_3); being different significantly from the treatment witness (T_0) and *Beauveria bassiana* commercial (T_4).

ANEXO



Foto 11. Rizoma de plátano atacado por larvas de *Cosmopolites sordidus*



Foto 12. Galerías en el rizoma del plátano ocasionado por *cosmopolites sordidus*

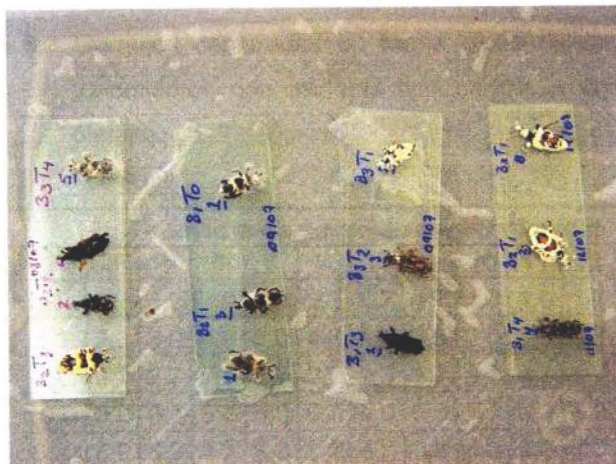


Foto 13. Gorgojos esporulados dentro de la cámara humedad

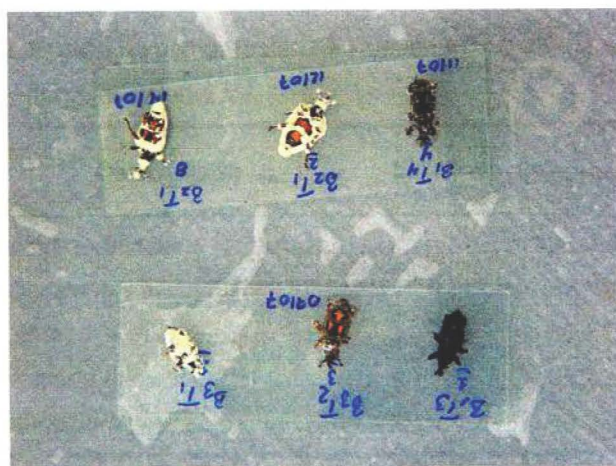


Foto 14. Gorgojos esporulados dentro de la cámara humedad

Cuadro 9. Gorgojos capturados en forma diaria utilizando diferentes tratamientos con trampas tipo sándwich en el cultivo de plátano.

Trat.	Promedio de gorgojos capturados/día														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T ₀	4,0	3,7	2,7	1,3	1,0	8,3	6,3	6,7	4,7	4,0	4,0	1,7	4,7	4,0	3,7
T ₁	5,3	6,3	2,3	3,0	4,0	5,0	4,3	3,0	3,3	2,0	4,3	6,3	4,0	2,7	3,3
T ₂	5,3	6,0	2,7	2,7	1,7	2,7	2,7	2,3	1,7	0,7	4,7	6,0	2,7	3,7	4,0
T ₃	9,3	10,0	5,0	3,7	3,0	8,3	6,7	4,0	5,0	1,7	9,0	8,0	7,0	5,7	5,7
T ₄	5,3	9,3	5,0	5,3	2,7	8,3	9,7	8,0	8,0	4,0	7,3	7,7	9,0	6,3	5,0

Cuadros Duncan ($\alpha = 0.05$)

Cuadro 10. Prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de gorgojos colectados.

Trat.	Descripción	N° de gorgojos colectados
T ₄	<i>Beauveria bassiana</i> formulado	101,0 a
T ₃	<i>B. bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp.	92,0 a
T ₀	Testigo	60,7 b
T ₁	<i>Beauveria bassiana</i>	59,3 b
T ₂	<i>Metarhizium</i> spp.	49,3 b

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan ($p > 0.05$).

Cuadro 11. Prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número aculado de gorgojos negros.

Trat.	Descripción	N° de gorgojos negros
T ₁	<i>Beauveria bassiana</i>	19,7 a
T ₃	<i>B. bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp.	19,7 a
T ₂	<i>Metarhizium</i> spp.	18,3 a
T ₀	Testigo	16,7 a
T ₄	<i>Beauveria bassiana</i> formulado	14,7 a

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan ($p > 0.05$).

Cuadro 12. Prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número aculado de gorgojos rayados.

Trat.	Descripción	N° de gorgojos rayados
T ₄	<i>Beauveria bassiana</i> formulado	86,3 a
T ₃	<i>B. bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp.	72,3 a
T ₀	Testigo	31,0 b
T ₁	<i>Beauveria bassiana</i>	44,0 b
T ₂	<i>Metarhizium</i> spp.	39,7 b

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan ($p > 0.05$).

Cuadro 13. Prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de gorgojos muertos y esporulados.

Trat.	Descripción	N° de gorgojos muertos	N° de gorgojos esporulados
T ₃	<i>B. bassiana</i> y <i>Metarhizium</i> spp.	71.7 a	68.0 a
T ₁	<i>Beauveria bassiana</i>	48.3 b	45.7 b
T ₂	<i>Metarhizium</i> spp.	37.0 bc	33.3 b
T ₄	<i>Beauveria bassiana</i> comercial	26.7 cd	14.0 c
T ₀	Testigo	17.7 d	6.7 c

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan ($p > 0.05$).

Cuadro 14. Prueba de comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el tiempo letal medio de gorgojos totales.

Trat.	Descripción	Tiempo letal medio (días)
T ₀	Testigo	47,7 a
T ₄	<i>Beauveria bassiana</i> comercial	39,0 b
T ₃	<i>B. bassiana</i> + <i>Metarhizium</i> spp.	20,0 c
T ₁	<i>Beauveria bassiana</i>	15,0 c
T ₂	<i>Metarhizium</i> spp.	15,0 c

Promedios unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí, según Duncan ($p > 0.05$).